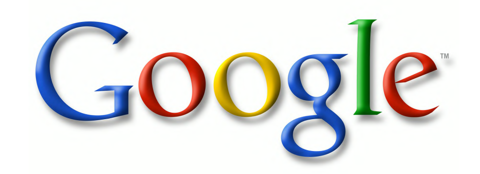


This is a digital copy of a book that was preserved for generations on library shelves before it was carefully scanned by Google as part of a project to make the world's books discoverable online.

It has survived long enough for the copyright to expire and the book to enter the public domain. A public domain book is one that was never subject to copyright or whose legal copyright term has expired. Whether a book is in the public domain may vary country to country. Public domain books are our gateways to the past, representing a wealth of history, culture and knowledge that's often difficult to discover.

Marks, notations and other marginalia present in the original volume will appear in this file - a reminder of this book's long journey from the publisher to a library and finally to you.

**Usage guidelines**

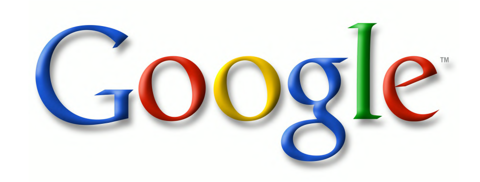
Google is proud to partner with libraries to digitize public domain materials and make them widely accessible. Public domain books belong to the public and we are merely their custodians. Nevertheless, this work is expensive, so in order to keep providing this resource, we have taken steps to prevent abuse by commercial parties, including placing technical restrictions on automated querying.

We also ask that you:

+ *Make non-commercial use of the files* We designed Google Book Search for use by individuals, and we request that you use these files for personal, non-commercial purposes.
+ *Refrain from automated querying* Do not send automated queries of any sort to Google's system: If you are conducting research on machine translation, optical character recognition or other areas where access to a large amount of text is helpful, please contact us. We encourage the use of public domain materials for these purposes and may be able to help.
+ *Maintain attribution* The Google "watermark" you see on each file is essential for informing people about this project and helping them find additional materials through Google Book Search. Please do not remove it.
+ *Keep it legal* Whatever your use, remember that you are responsible for ensuring that what you are doing is legal. Do not assume that just because we believe a book is in the public domain for users in the United States, that the work is also in the public domain for users in other countries. Whether a book is still in copyright varies from country to country, and we can't offer guidance on whether any specific use of any specific book is allowed. Please do not assume that a book's appearance in Google Book Search means it can be used in any manner anywhere in the world. Copyright infringement liability can be quite severe.

**About Google Book Search**

Google's mission is to organize the world's information and to make it universally accessible and useful. Google Book Search helps readers discover the world's books while helping authors and publishers reach new audiences. You can search through the full text of this book on the web at http://books.google.com/



### A propos de ce livre

Ceci est une copie numérique d'un ouvrage conservé depuis des générations dans les rayonnages d'une bibliothèque avant d'être numérisé avec précaution par Google dans le cadre d'un projet visant à permettre aux internautes de découvrir l'ensemble du patrimoine littéraire mondial en ligne.

Ce livre étant relativement ancien, il n'est plus protégé par la loi sur les droits d'auteur et appartient à présent au domaine public. L'expression "appartenir au domaine public" signifie que le livre en question n'a jamais été soumis aux droits d'auteur ou que ses droits légaux sont arrivés à expiration. Les conditions requises pour qu'un livre tombe dans le domaine public peuvent varier d'un pays à l'autre. Les livres libres de droit sont autant de liens avec le passé. Ils sont les témoins de la richesse de notre histoire, de notre patrimoine culturel et de la connaissance humaine et sont trop souvent difficilement accessibles au public.

Les notes de bas de page et autres annotations en marge du texte présentes dans le volume original sont reprises dans ce fichier, comme un souvenir du long chemin parcouru par l'ouvrage depuis la maison d'édition en passant par la bibliothèque pour finalement se retrouver entre vos mains.

### Consignes d'utilisation

Google est fier de travailler en partenariat avec des bibliothèques à la numérisation des ouvrages appartenant au domaine public et de les rendre ainsi accessibles à tous. Ces livres sont en effet la propriété de tous et de toutes et nous sommes tout simplement les gardiens de ce patrimoine. Il s'agit toutefois d'un projet coûteux. Par conséquent et en vue de poursuivre la diffusion de ces ressources inépuisables, nous avons pris les dispositions nécessaires afin de prévenir les éventuels abus auxquels pourraient se livrer des sites marchands tiers, notamment en instaurant des contraintes techniques relatives aux requêtes automatisées.

Nous vous demandons également de:

+ *Ne pas utiliser les fichiers à des fins commerciales* Nous avons conçu le programme Google Recherche de Livres à l'usage des particuliers. Nous vous demandons donc d'utiliser uniquement ces fichiers à des fins personnelles. Ils ne sauraient en effet être employés dans un quelconque but commercial.
+ *Ne pas procéder à des requêtes automatisées* N'envoyez aucune requête automatisée quelle qu'elle soit au système Google. Si vous effectuez des recherches concernant les logiciels de traduction, la reconnaissance optique de caractères ou tout autre domaine nécessitant de disposer d'importantes quantités de texte, n'hésitez pas à nous contacter. Nous encourageons pour la réalisation de ce type de travaux l'utilisation des ouvrages et documents appartenant au domaine public et serions heureux de vous être utile.
+ *Ne pas supprimer l'attribution* Le filigrane Google contenu dans chaque fichier est indispensable pour informer les internautes de notre projet et leur permettre d'accéder à davantage de documents par l'intermédiaire du Programme Google Recherche de Livres. Ne le supprimez en aucun cas.
+ *Rester dans la légalité* Quelle que soit l'utilisation que vous comptez faire des fichiers, n'oubliez pas qu'il est de votre responsabilité de veiller à respecter la loi. Si un ouvrage appartient au domaine public américain, n'en déduisez pas pour autant qu'il en va de même dans les autres pays. La durée légale des droits d'auteur d'un livre varie d'un pays à l'autre. Nous ne sommes donc pas en mesure de répertorier les ouvrages dont l'utilisation est autorisée et ceux dont elle ne l'est pas. Ne croyez pas que le simple fait d'afficher un livre sur Google Recherche de Livres signifie que celui-ci peut être utilisé de quelque façon que ce soit dans le monde entier. La condamnation à laquelle vous vous exposeriez en cas de violation des droits d'auteur peut être sévère.

### À propos du service Google Recherche de Livres

En favorisant la recherche et l'accès à un nombre croissant de livres disponibles dans de nombreuses langues, dont le français, Google souhaite contribuer à promouvoir la diversité culturelle grâce à Google Recherche de Livres. En effet, le Programme Google Recherche de Livres permet aux internautes de découvrir le patrimoine littéraire mondial, tout en aidant les auteurs et les éditeurs à élargir leur public. Vous pouvez effectuer des recherches en ligne dans le texte intégral de cet ouvrage à l'adresse `http://books.google.com`

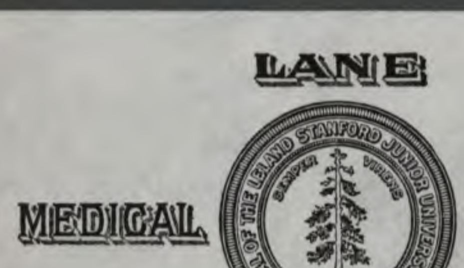
LANE MEDICAL LIBRARY STANFORD
D331 .L47 1901 STOR
Théorie nouvelle de la vie.
24503289860

BIBLIOTHÈQUE SCIENTIFIQUE INTERNATIONALE

LE DANTEC

# THÉORIE NOUVELLE DE LA VIE

LANE

MEDICAL  LIBRARY

Gift
Stanford University Library






Gift
Stanford University Library



# THÉORIE NOUVELLE

DE

# LA VIE

Félix ALCAN, éditeur, 108, boulevard Saint-Germain, Paris

BIBLIOTHÈQUE

# SCIENTIFIQUE INTERNATIONALE

PUBLIÉE SOUS LA DIRECTION

## DE M. ÉM. ALGLAVE

Volumes in-8, reliés en toile anglaise . . . . . . . . . . . PRIX : 6 fr.

### 93 VOLUMES PUBLIÉS

DERNIERS PARUS :

**La nature tropicale**, par J. COSTANTIN, maître de conférences à l'École normale supérieure. 1 vol. in-8° avec 166 gravures dans le texte. . 6 fr.

**La géologie expérimentale**, par STANISLAS MEUNIER, professeur au Muséum d'histoire naturelle. 1 vol. in-8° avec 56 gravures dans le texte. . 6 fr.

**L'audition et ses organes**, par le Dr GELLÉ, membre de la Société de Biologie. 1 vol. in-8° avec 70 gravures dans le texte. . . . . . . . . 6 fr.

**La céramique ancienne et moderne**, par E. GUIGNET, directeur des teintures à la manufacture des Gobelins, et ED. GARNIER, conservateur du musée de la manufacture de Sèvres. 1 vol. in-8° avec 100 gravures dans le texte. . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . 6 fr.

**Les végétaux et les milieux cosmiques** (*adaptation, évolution*), par J. COSTANTIN, maître de conférences à l'École normale supérieure. 1 vol. in-8°, avec 171 gravures . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . 6 fr.

**La culture des mers** (*piscifacture, pisciculture, ostréiculture*), par G. ROCHÉ, inspecteur général des Pêches maritimes. 1 vol. in-8° avec 81 gravures dans le texte . . . . . . . . . . . . . . . . . . . 6 fr.

**Formation de la nation française**, par G. DE MORTILLET. 1 vol. in-8° avec 150 gravures et 18 cartes (2e édition). . . . . . . . . . . . . . . 6 fr.

### AUTRES OUVRAGES DE M. LE DANTEC

**L'évolution individuelle et l'hérédité**. 1 vol. in-8° de la *Bibliothèque scientifique internationale*, cartonné à l'anglaise 1898 . . . . . . 6 fr.

**Lamarckiens et Darwiniens**, discussion de quelques théories sur la formation des espèces. 1 vol. in-12 de la *Bibliothèque de philosophie contemporaine*, 1899. . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . 2 fr. 50

**Le déterminisme biologique et la personnalité consciente**. 1 vol. in-12 de la *Bibliothèque de philosophie contemporaine*, 1897. . . . . 2 fr. 50

**L'individualité et l'erreur individualiste**. 1 vol. in-12 de la *Bibliothèque de philosophie contemporaine*, 1898. . . . . . . . . . . . . 2 fr. 50

**La sexualité**. Coll. *Scientia*. CARRÉ et NAUD, 1899. . . . . . . . . . 2 fr.

**La matière vivante** . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . 2 fr. 50
**Les Sporozoaires** (en collaboration avec L. BERARD) . . . . . . 2 fr. 50
**La Bactéridie charbonneuse**. . . . . . . . . . . . . . . . . . 2 fr. 50
**La Forme spécifique**. . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . 2 fr. 50

Ces quatre derniers volumes font partie de l'*Encyclopédie des aide-mémoire Léauté*. MASSON et GAUTIER-VILLARS, éditeurs.

# THÉORIE NOUVELLE

DE

# LA VIE

PAR

**FÉLIX LE DANTEC**

Chargé du cours d'embryologie générale à la Sorbonne

*Deuxième édition revue*

PARIS

ANCIENNE LIBRAIRIE GERMER BAILLIÈRE, ET Cie

FÉLIX ALCAN, ÉDITEUR

108, BOULEVARD SAINT-GERMAIN, 108

1901

Tous droits réservés.

OUVRAGE HONORÉ D'UNE SOUSCRIPTION

DU

MINISTÈRE DE L'INSTRUCTION PUBLIQUE

II331
L47
1901

# AVANT-PROPOS

## DE LA DEUXIÈME ÉDITION

Pendant les quatre années qui se sont écoulées depuis la publication de ce volume, j'ai pu appliquer aux questions les plus diverses de la biologie générale les principes tirés en 1896 de l'étude des seuls êtres unicellulaires. Cela n'était pas inutile; les phénomènes biologiques sont si nombreux qu'il est impossible, lorsque l'on veut établir une loi générale, de tenir compte, à la fois, de tous les faits acquis à la science; il faut se contenter, comme point de départ, d'un petit nombre d'observations, les plus simples et les plus sûres qui existent. Mais alors, il n'est pas certain à priori que les lois déduites de ce nombre restreint d'observations sont *générales;* on s'en assure par des vérifications ultérieures et l'on ne saurait affirmer en toute rigueur la généralité d'une loi biologique, avant d'avoir constaté qu'elle s'applique à *tous* les êtres vivants dans *tous* les cas. Dans la pratique, il suffit de vérifier que la loi est d'accord avec un grand nombre de faits, surtout avec des faits d'un autre ordre que ceux qui ont servi de point de départ.

Je me suis assuré, par un très grand nombre

de moyens différents, de la généralité absolue des principes établis dans cet ouvrage ; bien plus, par de simples déductions logiques, j'ai pu arriver à *prévoir* des faits connus très différents de ceux qui m'avaient servi tout d'abord à établir ces lois générales. Je me crois donc en mesure d'affirmer aujourd'hui, avec plus d'autorité, ce que j'affirmais déjà il y a quatre ans.

De ce travail de vérification j'ai tiré un autre avantage; j'ai pu serrer les faits de plus près et préciser, par une série d'approximations successives, certains points que j'avais laissés primitivement dans le vague. Je me suis convaincu ainsi que toutes les grandes lois biologiques, toutes celles qui s'appliquent à l'ensemble des êtres vivants, peuvent être découvertes par la méthode déductive, en prenant uniquement comme point de départ l'assimilation des plastides à la *condition n° 1* et leur destruction à la *condition n° 2*. Tous les phénomènes vitaux, quels qu'ils soient, se ramènent à une succession ou à une superposition de ces deux conditions n° 1 et n° 2.

La loi la plus audacieuse de cet ouvrage, celle de *l'assimilation fonctionnelle* m'a valu de nombreuses critiques dont aucune ne m'a semblé résister à un examen sérieux ; d'ailleurs, cette loi que, dans le présent volume, j'avais pour ainsi dire énoncée *d'emblée* en montrant que la *destruction fonctionnelle*, admise par tous, n'était basée sur rien, j'ai trouvé le moyen de la *découvrir* par la méthode déductive, en appliquant simplement aux éléments cellulaires de l'organisme la sélection naturelle de

Darwin ([1]); je ne crois pas que l'on puisse songer à critiquer encore une loi établie de cette manière, surtout si l'on veut bien se rendre compte que la loi opposée de la *destruction fonctionnelle* provient *uniquement* d'une comparaison fautive entre l'organisme animal et les machines industrielles qui s'usent en fonctionnant.

Dans une série de livres publiés depuis 1896, j'ai développé un certain nombre de questions de biologie générale que j'avais à peine indiquées dans la *Théorie nouvelle de la Vie*. J'ai consacré à l'étude des épiphénomènes de conscience un petit volume de la bibliothèque de philosophie contemporaine (*Le Déterminisme biologique et la personnalité consciente*. Alcan, 1897). La question si importante de l'*Hérédité*, je l'ai traitée en détail dans un volume de la bibliothèque scientifique internationale (*Évolution individuelle et hérédité*. Alcan, 1898) que j'ai complété depuis par une étude plus spéciale de la *Sexualité* ([2]).

J'ai développé dans l'*Individualité* (Bibl. de phil. contemporaine) la théorie de la vieillesse déjà exposée ici et dans laquelle j'attribue la fatalité du vieillissement à une accumulation progressive de substances excrémentitielles solides dans les tissus. Depuis cette époque, M. Metchnikoff a émis l'hypothèse que les phagocytes interviennent dans la destruction des éléments cellu-

---

([1]) V. *Evolution individuelle et Hérédité*. 1 vol. de la *Bibl. Sc. Internationale*. Alcan, 1898,

([2]) *La sexualité*. 1 vol. de la collection *Scientia*. Carré et Naud. 1899.

laires sénescents, mais, quoi que l'on pense de cette hypothèse, on n'y trouvera certainement aucune contradiction avec ma théorie de la vieillesse, puisque, ce sont seulement les éléments sénescents qui, d'après M. Metchnikoff, sont dévorés par les phagocytes et que ma théorie explique comment les éléments deviennent sénescents.

Dans un autre petit volume de la bibliothèque de philosophie contemporaine (Lamarckiens et Darwiniens), j'ai étudié la formation des espèces vivantes et j'ai essayé de mettre d'accord les deux écoles biologiques antagonistes en montrant que les principes de Lamarck sont une conséquence de *l'assimilation fonctionnelle*, qui résulte elle-même de l'application aux éléments des tissus du principe de Darwin.

Tous ces ouvrages plus récents ont été construits par la même méthode que la *Théorie nouvelle de la Vie*; je reste convaincu que cette méthode déductive est à la fois extrêmement scientifique et éminemment féconde.

Félix LE DANTEC.

Paris, juillet 1900.

# THÉORIE NOUVELLE

DE

# LA VIE

## INTRODUCTION

Nul n'est absolument indifférent aux questions que soulève l'étude de la vie ; chacun a sur ce sujet des idées plus ou moins arrêtées ; chacun a essayé avec plus ou moins de persévérance de se conformer au précepte du philosophe : Connais-toi toi-même. Il y a là un impérieux besoin de comprendre auquel personne ne peut se dérober et, pour satisfaire ce besoin, ceux qui n'ont pas le temps de se livrer à de longues méditations ont dû adopter une doctrine toute faite qui leur parût suffisante. Une telle doctrine, naturellement la plus simple en apparence, a prévalu si universellement qu'elle se trouve aujourd'hui dans le langage et que nous ne pouvons plus parler sans nous y conformer : « *Un chien est un corps doué de vie; un cadavre de chien est un corps privé de vie ; un chien qui meurt perd la vie. La vie est quelque chose qui agit au moyen de la matière et qui, néanmoins, n'en dépend pas.* »

Cela admis, il est très facile de s'exprimer ; on se comprend suffisamment, ou, du moins, on le croit; l'esprit est satisfait.

Autrefois, les combustions, la flamme, étonnaient beaucoup. Près d'un siècle avant la découverte de l'oxygène, Stahl imagina un principe insaisissable, le

*phlogistique*, dont il supposa que les corps combustibles étaient plus ou moins chargés. Toutes les fois que le phlogistique se dégageait d'un corps, il y avait *combustion* et le corps cessait d'être combustible ; absorbé au contraire par un corps qui en était dépourvu préalablement, le phlogistique le rendait capable de brûler.

Ignorant la nature du phénomène de la combustion, ayant tiré de ce phénomène même le mot « phlogistique », Stahl ne pouvait définir la combustion que par le phlogistique, le phlogistique que par la combustion; c'était un cercle vicieux. L'impossibilité d'une définition le prouvait, la question n'avait pas fait un pas avec la doctrine de Stahl qui régna cependant sur la science jusqu'à Lavoisier. Le mot phlogistique était entré dans le langage scientifique; il serait peut-être encore aujourd'hui dans le langage vulgaire, malgré la découverte de l'oxygène, s'il avait eu plus de temps pour s'y répandre avant que la chimie fût établie sur des bases inébranlables par une expérience simple et précise.

Phlogistique était un mot savant et les mots créés par les hommes de science pénètrent difficilement dans le domaine public; mais la doctrine de Stahl aurait pu naître vingt ou trente siècles plus tôt; nos ancêtres auraient pu, sans grand effort d'imagination, diviser les corps en combustibles et incombustibles comme ils les ont divisés en vivants et bruts. Or, les corps combustibles perdent en brûlant *la propriété de pouvoir brûler*, le phlogistique si vous voulez ; il y a par conséquent en eux quelque chose de plus que dans les corps incombustibles, savoir, précisément, cette propriété de brûler, ce phlogistique.

Voilà donc une conception, simple en apparence, de la combustion, qui eût pu se présenter de bonne heure à l'esprit des hommes ; mais alors, des termes seraient nés pour l'exprimer et il y aurait aujourd'hui dans chaque langue humaine, un mot équivalent à phlogistique. Bien plus, les autres termes décrivant le phénomène de la combustion auraient peut-être disparu ; des

dérivés du mot correspondant à phlogistique auraient remplacé les mots plus anciens qui avaient l'inconvénient (?) de raconter le phénomène sans l'interpréter [1]. On n'aurait pas conservé le moyen de s'exprimer au sujet de la combustion sans admettre le principe impondérable de Stahl, et Lavoisier, détruisant par son immortelle découverte une doctrine erronée aurait dû, de toute nécessité, exposer ainsi le résultat de ses expériences : La déphlogistication d'un corps phlogistiqué donne lieu à une augmentation de poids .

Aujourd'hui, la chimie existe, l'hypothèse de Stahl nous semble absurbe ; avant Lavoisier nous eussions peut-être discuté gravement la nature du principe de la flamme ; nous nous serions demandé s'il réside à la surface ou à l'intérieur des corps, nous aurions essayé de le définir, et un sage se serait trouvé là pour nous dire : « Il n'y a pas de définition des choses naturelles. » (Claude Bernard.)

Eh bien, tout ce que je viens de supposer à propos du phlogistique s'est passé exactement pour la vie et la mort.

Observons un poisson dans l'eau d'un bocal ; nous constatons qu'il se meut et qu'il mange ; tirons-le du bocal et laissons-le quelque temps à l'air libre ; il perdra bientôt la faculté de se mouvoir et de manger, même si nous le replaçons dans l'eau du bocal. *En apparence* pourtant il n'aura pas changé ; il aura été si peu modifié extérieurement que nous nous demandons souvent en voyant un poisson immobile, si son immobilité est momentanée ou définitive. Et cependant, malgré cette similitude qui *paraît* absolue, il y a une différence capitale entre le poisson avant l'émersion et le poisson après l'émersion. L'un d'eux était capable de se mouvoir et de manger, l'autre ne l'est plus ; il y

(1) Nous verrons au contraire qu'il est absolument nécessaire d'avoir dans les sciences naturelles une langue qui permette de s'exprimer clairement, de décrire, *sans rien interpréter*, à cause de la valeur manifestement provisoire de tous les essais d'explication.

avait *donc* dans le premier quelque chose de plus que dans le second, la propriété de se mouvoir et de manger. C'est une conception aussi simple que celle du phlogistique, plus naturelle même à cause de la similitude *en apparence* absolue des deux corps comparés ; aussi s'est-elle de bonne heure présentée à l'esprit des hommes.

Y a-t-il rien qui ressemble plus à un poisson qu'un cadavre de poisson ? Un crapaud, au contraire, n'en diffère-t-il pas beaucoup ? Et un chien donc, et un homme ? Or la *vie*, qui anime également le poisson, le crapaud, le chien et l'homme, manque dans le cadavre du poisson. Ce qui se manifeste dans des corps si différents et qui manque dans l'image fidèle de l'un quelconque d'entre eux est donc (?) bien quelque chose qui agit au moyen de la matière et qui, néanmoins, n'en dépend pas.

C'est pourquoi nos ancêtres ont naturellement imaginé un principe spécial *commun*, *la vie*, qui existe chez tous les êtres doués de vie, leur est enlevé quand ils *perdent la vie* et manque à tous les corps *bruts*.

Aujourd'hui, l'expression équivalente existe dans toutes les langues ; nous l'employons couramment dès notre jeune âge, et, quelle que soit l'idée que nous nous fassions de la vie, que nous la considérions comme un principe impondérable, comme un état vibratoire... etc., voire même comme le résultat d'un arrangement de parties, nous n'en admettons pas moins, *a priori*, qu'il y a quelque chose de *commun* à tous les corps vivants et dont les corps bruts sont dépourvus, de même que, dans la doctrine de Stahl, le phlogistique était commun à tous les corps combustibles.

La *vie* est dans notre langage à tous, comme je supposais tout à l'heure que le phlogistique aurait pu y être ; aussi discutons-nous sur sa nature, son siège... etc. ; nous en cherchons des définitions et nous n'en trouvons que d'insuffisantes ; Claude Bernard nous défend d'en chercher.

En même temps que le mot « vie », toutes les langues possèdent le mot « mort » qui en est l'opposé : « Il est impossible, dit Claude Bernard, de séparer ces deux idées ; ce qui est vivant mourra, ce qui est mort a vécu. »

Certes, nous nous entendons suffisamment quand nous disons qu'un animal est mort ; cette expression nous apprend la fin d'un ensemble de phénomènes dont nous avons pu être témoins. Nous disons de même indifféremment : cet animal a perdu la vie, la vie s'est retirée de lui... etc.

Mais, ne s'entendait-on pas également, quand on disait qu'un corps avait perdu son phlogistique ? On savait fort bien quel phénomène désignait cette expression, et que, ce phénomène, le corps en question ne pouvait plus y donner lieu ; il n'y avait aucune obscurité dans le langage ; et cependant, nous le savons tous aujourd'hui, cette expression même impliquait une interprétation absurde de la manifestation qu'elle désignait, l'idée erronée de la présence d'un principe commun dans tous les corps combustibles. Combien est préférable, au point de vue scientifique, une langue qui permet de raconter les faits sans les interpréter inévitablement par cela même qu'on les raconte ! « Les explications ont une valeur manifestement provisoire, aucune d'elles ne pouvant dépasser légitimement les connaissances scientifiques de l'époque où elles sont tentées (Giard). — Il y a donc un grand danger à introduire une explication dans la langue courante, de manière à empêcher qu'on puisse s'exprimer sans y avoir recours. Or cela a été fait de tout temps ; les langues d'une époque sont un produit de toutes les époques précédentes ; elles contiennent l'héritage de toutes les hypothèses, de toutes les doctrines des âges antérieurs. La manière dont elles décrivent beaucoup de faits naturels se ressent de ces hypothèses et de ces doctrines dont nous acceptons une grande part, rien qu'en apprenant à parler. Il faut donc se défier du lan-

gage, il faut se défier surtout des expressions que l'on déclare indéfinissables.

« Pascal, dans ses réflexions sur la géométrie, parlant de la méthode scientifique par excellence, dit qu'elle exigerait de n'employer aucun terme dont on n'eût préalablement expliqué le sens : elle consisterait à tout définir et à tout prouver.

« Mais il fait immédiatement remarquer que cela est impossible. Les vraies définitions ne sont en réalité, dit-il, que des *définitions de noms*, c'est-à-dire, l'imposition d'un nom à des objets créés par l'esprit dans le but d'abréger le discours.



« Il n'y a pas de définition des choses que l'esprit n'a pas créées et qu'il n'enferme pas tout entières ; il n'y a pas, en un mot, de définition des choses naturelles[1]. »

Certes, pour parler clairement d'un cheval, nous n'avons qu'à le désigner par le mot cheval, et tous ceux qui ont vu un cheval nous comprendront ; mais nous pouvons aussi décrire le cheval d'une manière assez précise pour que, muni de cette description, un homme reconnaisse un cheval sans en avoir vu ; nous pouvons faire cette description au moyen de certains mots de la langue qui serviront de même à décrire un rat, un crapaud, un ver de terre. De même, pour rendre compte d'un phénomène complexe, nous pouvons employer des expressions qui se rapportent à des phénomènes simples, et les mêmes expressions nous permettront de décrire un grand nombre de phénomènes complexes. Il nous est impossible de donner à un daltonien l'idée de la sensation que nous procure la lumière rouge du spectre ; nous pouvons lui définir cette lumière rouge au moyen de certaines propriétés physiques, longueur d'onde, réfrangibilité, etc., de telle manière qu'avec des instruments de mesure convenables, il sache la reconnaître partout et toujours. Et, sans employer un mot de plus,

(1) Claude Bernard. *Leçons sur les phénomènes de la vie communs aux animaux et aux végétaux*, p. 22.

nous lui définirons de même toutes les autres couleurs du spectre, sans qu'il y ait d'erreur possible.

Il y a des notions *primitives* qu'on ne peut pas définir ; « on les emploie sans confusion dans le discours, parce que les hommes en ont une intelligence suffisante et une idée assez claire pour ne pas se tromper sur la chose désignée, si obscure que puisse être l'idée de cette chose considérée dans son essence. Cela vient, dit encore Pascal, de ce que la nature a donné à tous les hommes les mêmes idées primitives sur ces choses primitives... C'est pourquoi, conclut Claude Bernard, il n'y a pas à définir la vie en physiologie. »

Ce raisonnement serait parfaitement juste s'il n'admettait *a priori* que la vie est précisément une notion de cet ordre comme l'espace, le temps... etc. Il ne faut renoncer à définir une expression qu'après avoir reconnu deux choses : 1° que cette expression est parfaitement précise, ne s'applique jamais que dans une acception parfaitement déterminée et n'implique en aucune façon une interprétation de ce qu'elle désigne, car s'il y a interprétation, on a toujours le devoir de se défier ; 2° qu'il est impossible de la remplacer par une description *complète* n'empruntant en rien le secours de l'idée même que représente l'expression à définir Il sera donc nécessaire de voir si le mot « vie » remplit ces deux conditions.



Dans toutes les langues actuelles, la *mort* est la cessation de la *vie*, pour un chien comme pour un ver de terre, ce qui laisse à entendre qu'il y a la même différence, d'une part entre un chien et un cadavre de chien, d'autre part entre un ver et un cadavre de ver; autrement dit, la vie, principe unique, revêt des formes

(1) C'est le défaut de la définition dont se moque Pascal : « La lumière est un mouvement luminaire des corps lumineux », et aussi des définitions de la vie qui, comme celle de Bichat : « La vie est l'ensemble des fonctions qui résistent à la mort » emploient l'expression *mort* qui provient de l'idée de vie.

diverses dans des corps divers. Bichat. Claude Bernard, etc., parlent de la vie d'une façon générale; je ne sache pas que, pour essayer de définir la vie, on ait jamais fait mention de l'animal spécial qu'on avait en vue. Des hommes de génie, comme ceux dont je viens de citer les noms, ont donc admis implicitement, *a priori*, l'identité de phénomènes que nous n'avons aucune raison scientifique d'affirmer être identiques, et cela est le résultat de l'emploi pur et simple du langage courant.

L'unité des mots vie et mort, dans la langue, est l'expression d'une doctrine; on n'a pas le droit de nous défendre d'essayer de les définir puisque, d'une part, ces mots s'appliquent dans un grand nombre d'acceptions peut-être différentes (homme, chien, ver de terre, oursin, hydre, bactérie, champignon, etc.), et que, d'autre part, ils donnent des phénomènes qu'ils désignent une interprétation implicite, l'interprétation vitaliste.

Claude Bernard trouve que les mots vie et mort sont assez clairs. N'est-il pas plus vrai de dire qu'il est impossible de les définir parce qu'ils sont trop vagues? La preuve qu'il y a obscurité dans leur emploi, c'est que bien des gens s'en servent pour décrire des phénomènes tout différents de ceux auxquels ils sont généralement appliqués. J'ai entendu récemment un géologue distingué diviser, sérieusement, les minéraux en roches vivantes — celles qui sont susceptibles de changer de structure, d'évoluer, sous l'influence des causes atmosphériques, — et roches mortes — celles qui, comme l'argile, ont trouvé à la fin de tous ces changements le repos définitif!

Et dans combien d'autres expressions de la langue courante reviennent à chaque instant la vie et la mort? Le feu qui s'éteint *meurt;* une pièce de théâtre dont l'action languit manque de *vie*, d'*animation*, etc., etc. Il est vrai que, dans la plupart des cas, ces expressions proviennent uniquement de comparaisons permises, mais elles contribuent à entretenir et à augmenter la confusion.

Il est donc bien nécessaire de définir la vie et la mort d'un animal en biologie ; j'essaierai de montrer que cela est possible dans l'état actuel de la science ; mais, comme je l'ai fait remarquer précédemment, il sera nécessaire, au moins au début, de s'occuper de la vie et de la mort d'un être *déterminé ;* on n'aura le droit de parler de la vie et de la mort *en général* qu'après s'être rendu compte de la possibilité de leur définition *générale*, c'est-à-dire d'une définition de la vie et de la mort commune à tous les animaux et à tous les végétaux. Un simple raisonnement va nous prouver qu'il est logique, à ce point de vue, de diviser d'emblée tous les êtres en deux grandes catégories.

Nous savons, depuis longtemps déjà, qu'un homme, un chien, un chêne, sont constitués par un nombre extrêmement grand de petites masses de substance gélatineuse munies d'un noyau et quelquefois d'une membrane d'enveloppe [1].

Ces petites masses sont encore souvent aujourd'hui appelées *cellules*, parce qu'au début on a vu leur paroi seulement dans les tissus végétaux sans remarquer leur contenu ; il vaut mieux les appeler *plastides* parce que le mot cellule s'applique mal aux éléments anatomiques des animaux.

Nous savons aussi que de petites masses de substance gélatineuse munies d'un noyau, des plastides nucléés, peuvent exister isolément et manifester isolément des phénomènes que nous appelons vitaux, mais qui ne sont pas comparables comme complexité à ceux que manifeste un homme. On les appelle êtres *unicellulaires* ou *monoplastidaires ;* ce sont les *Protozoaires* et les *Protophytes*.



La vie d'un homme est la résultante des activités synergiques de milliards de plastides, comme l'activité d'un plastide est la résultante des réactions de milliards

(1) Voyez plus bas, chapitre premier, *Structure*.

d'atomes. L'erreur anthropomorphique consiste à ne pas faire cette distinction entre deux phénomènes de complexité si différente ; elle provient naturellement de l'abus qu'il y a à appeler du même nom « vie » l'activité de l'homme et celle du plastide. L'homme est au moins aussi compliqué par rapport au plastide que le plastide l'est lui-même par rapport aux atomes qui le constituent. Seulement, nous savons bien mieux comment l'homme est constitué au moyen de plastides, que nous ne savons actuellement comment le plastide est constitué au moyen d'atomes.

Voici une comparaison, un peu grossière, il est vrai, mais qui peut néanmoins montrer le danger de l'abus de mots dont je viens de parler[1].

Considérons le fonctionnement d'une machine à tisser. Cette machine se compose d'un nombre de pièces très grand, mais infiniment petit si on le compare au nombre colossal des plastides du corps d'un homme. Il y a coordination parfaite des actions de toutes les pièces et la résultante de toutes les activités élémentaires est l'*opération du tissage*. Toutes les pièces ont un mouvement de même origine, provenant d'un même moteur; la machine tout entière est naturellement mue par le moteur qui donne le mouvement à toutes ses pièces. De même, l'activité de l'homme est entretenue par les réactions physico-chimiques qui déterminent l'activité de ses divers plastides.

Quand nous disons que l'homme vit et que ses plastides vivent, il n'y a pas de mal si nous considérons uniquement comme « vie » l'ensemble des réactions d'un plastide. C'est comme si nous disions que la ma-

(1) L'inconvénient de cette comparaison provient surtout de l'absence, dans une machine à tisser, de ce que Huxley appelle « l'unité de structure » ; mais, en réalité, les divers plastides du corps humain sont bien aussi différents que les pièces d'une machine à tisser; elles ont seulement en commun les manifestations de la vie élémentaire, comme les pièces de la machine à tisser ont en commun le mouvement provenant d'un moteur unique.

nombre de plastides coordonnés et différenciés, c'est-à-dire d'un protozoaire et d'un métazoaire. Nous sommes trop habitués à appliquer le mot *vie* à l'homme et aux animaux supérieurs pour songer à le remplacer par un autre ; c'est donc pour les plastides qu'il faut employer une expression nouvelle ; j'ai proposé[1] d'appeler « *vie élémentaire* » ce que l'on a l'habitude d'appeler la « *vie* » d'un plastide, quoique cette expression ait l'inconvénient de trop ressembler à celle qu'on emploie pour les êtres supérieurs[2].

Nous dirons ainsi que la « *vie d'un homme* », la « *vie d'un chien* », la « *vie d'un poulpe* », sont les résultats de la coordination de milliards de « *vies élémentaires* » ; nous ne nous étonnerons pas de savoir qu'un chien peut être privé de « *vie* » alors que la « *vie élémentaire* » de ses plastides a continué ; nous ne serons pas tentés de rechercher dans un plastide pourvu de « *vie élémentaire* » les manifestations compliquées que nous observons chez les êtres supérieurs pourvus de « *vie* », etc.

Il sera donc logique de nous proposer d'abord l'étude de la « vie élémentaire » et d'en rechercher une définition précise avant d'aborder la vie des êtres supérieurs ; c'est la marche que je suivrai dans cet ouvrage, mais il est nécessaire auparavant que j'insiste sur une conséquence particulièrement nuisible de l'erreur anthropomorphique, à laquelle j'ai déjà fait plus haut une légère allusion.

L'homme est doué de conscience ; chacun de nous en est assuré pour lui-même et l'admet par analogie pour ses semblables. Une analogie un peu plus lointaine nous

(1) La matière vivante. *Encyclopédie des aide-mémoire Léauté.* Paris, 1895.

(2) Un autre inconvénient de cette expression est qu'il faudrait employer toujours le verbe complexe : « vivre élémentairement » pour désigner l'ensemble des actes qui constituent la vie élémentaire ; j'emploierai donc le verbe vivre et ses dérivés ; il suffit de s'entendre une fois pour toutes.

fait croire aussi que les chiens, les rats, les oiseaux n'en sont pas dépourvus, mais rien ne nous permet de l'affirmer puisque nous savons que des opérations comparables de tout point à celles qu'ils exécutent, peuvent s'effectuer chez nous avec ou sans conscience. A plus forte raison n'avons-nous pas le droit de dire qu'elle existe chez des êtres de plus en plus différents, les insectes, les vers, les oursins, les hydres, les protozoaires surtout et les plantes. Max Verworn considère comme absolument certain que tous les processus sont inconscients chez les protozoaires ; Luigi Luciani croit exactement le contraire. Ces deux savants pourront discuter toute leur vie sans s'accorder ; nous n'avons aucune raison d'adopter la conviction de l'un plutôt que celle de l'autre ; aucune expérience ne peut décider entre eux.

J'observe au microscope les évolutions d'un protozoaire. Je le vois se déplacer, sans se modifier, dans une eau limpide et tranquille. Je pense donc, naturellement, que son mouvement est spontané et, instinctivement, je le compare à des mouvements que j'ai l'habitude de considérer comme tels, celui d'un poisson, d'une grenouille, d'un chien, d'un homme enfin. De cette simple comparaison, je conclus par une induction irraisonnée à l'existence, dans ce protozoaire, de tout ce que je sais exister dans l'homme ; la spontanéité du mouvement n'appartient à l'homme que s'il est vivant ; la vie s'accompagne de conscience ; voilà donc mon protozoaire vivant et conscient.

Une étude plus attentive, l'expérience venant au secours de l'observation, me montrent que je me suis trompé, la spontanéité du mouvement n'est qu'apparente ; ce liquide n'est pas homogène comme il le semble ; ce protozoaire ne reste pas indemne comme je l'avais cru d'abord ; sa substance est le siège de modifications chimiques incessantes et réagit constamment avec le milieu dans lequel elle baigne. Je puis arrêter le mouvement en supprimant l'un des éléments du

milieu, je puis modifier sa direction si j'introduis en tel point de la préparation une faible quantité de telle substance nouvelle ; ce mouvement n'est donc pas spontané. Seulement, j'ai eu l'illusion de sa spontanéité par ce que toutes ces réactions, qui produisaient les déplacements dont j'étais témoin[1], se passaient entre des liquides et des gaz incolores ; je ne pouvais voir qu'un seul des phénomènes, le mouvement, je croyais donc naturellement qu'il se produisait seul. Maintenant, je sais que c'était une illusion, mais il est trop tard ; le protozoaire est déjà doué de conscience dans mon esprit et quand je vois qu'il est attiré par certaines substances expérimentalement introduites dans la préparation, je me dis que ces substances lui plaisent. Est-il repoussé par d'autres substances ? c'est qu'il les redoute. Ainsi les manisfestations des propriétés chimiques de la substance de ce protozoaire deviennent, pour moi, celles de ses goûts et de ses sentiments.

Il ne suffit pas à la vérité, qu'un corps se meuve avec une spontanéité apparente pour que nous le croyions doué de vie ; nous ne considérons pas comme vivantes les particules solides animées du mouvement brownien. D'autres caractères plus importants et plus constants nous font distinguer les êtres vivants des corps bruts, mais c'est certainement cette spontanéité apparente du mouvement des êtres qui fait naître en nous l'idée de leur conscience.

C'est, en effet, par le mouvement seul, qu'un homme peut manifester la sienne (autant que la conscience peut se manifester[2]), c'est pour cela que l'absence du mouvement apparent chez les végétaux nous porte généralement à croire qu'ils n'éprouvent aucune sensation; Linné l'affirmait : « *Vegetalia sunt et crescunt : animalia sunt, crescunt et sentiunt.* »

(1) Voyez chapitre II : *Mouvement, Chimiotaxie.*

(2) Nous croyons généralement qu'un homme sent ce qu'il nous dit éprouver, mais il pourrait nous dire la même chose, par les mêmes réflexes, sans être doué de conscience. (Voir p. 310.)

Somme toute, il est bien difficile aujourd'hui de faire accepter à la plupart des gens, qu'il ne faille pas considérer comme inséparables l'idée de vie et l'idée de conscience, et Claude Bernard, considérant comme impossible la définition de la vie, ne devrait pas au moins la considérer comme inutile : « Lorsqu'on parle de la vie on se comprend à ce sujet sans difficulté et c'est assez pour justifier l'emploi du terme d'une manière exempte d'équivoques. » Il y a équivoque, puisque tout le monde ne considère pas les mêmes propriétés comme des attributs de la vie. Pour Hæckel, la vie *au sens large* (?) n'est autre chose que la conscience, la sensibilité, et il en conclut que tout est vivant, que les atomes sont vivants, parce qu'il admet qu'ils sont conscients. Voilà donc un mot qui devrait être précis, le mot vivant, dépourvu de sens depuis qu'il s'applique à tout.

En réalité tout ce que nous savons, c'est que l'homme est conscient ; si, sous ce seul prétexte, nous considérons la conscience comme un attribut de la vie, avons-nous réellement le droit de considérer comme vivants les oiseaux, les poissons, les vers de terre ? Rien ne le prouve et nous nous payons de mots. L'homme est vivant et il est conscient ; les oiseaux, les poissons, etc., ont quelques caractères communs avec lui, aussi nous disons qu'ils sont vivants, et *nous en concluons* (!) qu'ils sont conscients. Nous ne pouvons pas savoir si ces animaux sont conscients, c'est de toute impossibilité. Hæckel admet que les atomes, eux-mêmes, le sont ! c'est son affaire, personne n'a le droit de le contredire ; mais quand il part de ce postulatum pour dire qu'ils sont vivants au sens large, nous avons le droit de lui reprocher d'abuser des mots.

Je sais distinguer un chien mort d'un chien vivant ; à ce point de vue au moins, le mot vivant a une signification précise. Eh bien, pour que le mot vie ait une raison d'être, il faut qu'il représente quelque chose de commun à tous les êtres vivants et qui manque aux corps morts, aux corps bruts. Si on me parle de la vie

des pierres je demande qu'on supprime le mot vie, ou du moins qu'on ne s'en serve plus pour distinguer l'animal du cadavre de l'animal; il faudrait donc en créer un autre? Il vaut mieux s'en tenir à celui qui existe et ne pas l'employer en dehors des cas auxquels il s'applique.

Cela admis, nous employons le même mot « être vivant » pour désigner un très grand nombre de corps que nous séparons ainsi des autres corps de la nature; il y a donc quelque chose de commun à tous ces « êtres vivants » et qui manque ailleurs. Ce quelque chose de commun est assez précis pour que, quelquefois tout de suite, quelquefois au bout d'une observation assez longue seulement, nous puissions *affirmer* que tel objet est un être vivant, que tel autre ne l'est pas. La question de conscience intervient-elle dans cette discrimination? Evidemment non; nous pourrions regarder un objet, des années entières, sans arriver à savoir s'il est doué ou dépourvu de conscience. Il faut donc qu'il y ait un caractère positif, tangible, commun à tous les êtres vivants; recherchons ce caractère sans nous préoccuper de savoir si les corps qu'il détermine sont conscients ou non; ensuite, quand nous saurons dire d'une manière précise ce que sont les êtres vivants, nous pourrons admettre, si nous voulons, qu'ils sont doués de conscience; cela dépendra uniquement des goûts de chacun, et ne peut s'affirmer que pour l'homme. Hæckel accorde la conscience à tous les corps de la nature et je pense que personne ne songe à l'en blâmer[1].

Encore faut-il bien spécifier que le mot conscience s'entend ici dans le sens restreint qui est son véritable sens. Comme il est souvent, dans le langage courant, employé pour désigner toute autre chose, j'aurais préféré le mot sensibilité; mais les physiologistes n'ont pas craint de se servir de ce mot dans des acceptions rela-

(1) Il n'en est plus de même quand il leur accorde la volonté. V. livre VI.)

tives à de simples mécanismes au moyen desquels s'accomplissent des phénomènes qu'accompagne quelquefois chez l'homme la perception psychique; il y a en physiologie une sensibilité inconsciente et une sensibilité insensible (!); n'importe quel néologisme n'eût-il pas été préférable à ces expressions paradoxales?

Tenons-nous-en donc au mot conscience, à condition qu'on ne comprendra pas dans cette expression l'ensemble des phénomènes qui se passent en nous et dont nous avons conscience, mais seulement le fait que nous en avons conscience. Il peut paraître puéril d'insister autant sur ce mot; je vais donner un exemple qui prouve que ce n'est pas inutile.

Nous avons conscience de notre mémoire; mais, la mémoire est une particularité histologique fort complexe qui existe, en tant que particularité histologique, en dehors de toute conscience, et peut même se manifester par des phénomènes physiologiques absolument inconscients; tels, les mouvements habituels, les airs que l'on fredonne en pensant à toute autre chose, etc.

Voici un enfant qui apprend à parler. L'opération par laquelle il imite un son qu'il entend, met en jeu un certain nombre d'éléments nerveux et musculaires; or nous verrons cette loi, qu'aucun élément anatomique ne fonctionne sans se modifier, sans s'additionner de parties nouvelles[1]. Les prolongements des cellules nerveuses mises en activité par l'opération précédente, prolongements encore peu nombreux et peu développés chez l'enfant se compliqueront de plus en plus, et cela, nous le constatons, de telle manière que le reflexe exécuté une première fois, en deviendra plus facile à exécuter une seconde fois. Pendant plusieurs années, des modifications très diverses resteront possibles dans les cellules encore jeunes du cerveau; l'enfant pourra apprendre plusieurs langues; au bout de quelque temps cela lui deviendra plus difficile. S'il

(1) Voyez plus bas la loi de l'assimilation fonctionnelle.

ne cesse de parler une langue il ne l'oublie pas, au contraire, il la sait de mieux en mieux, toujours en raison de cette même loi qui a fait qu'il a pu l'apprendre; s'il reste longtemps sans la parler, il l'oublie, car, de même que le fonctionnement crée des parties nouvelles dans les éléments anatomiques, de même l'inactivité en cause l'atrophie.

Nous savons dans quelle partie du cerveau se trouvent les cellules dont les modifications ont déterminé la mémoire du langage; l'histologie de cette partie est l'histologie de la mémoire du langage; son ablation produit l'aphasie. Or, de combien de milliers de cellules aux prolongements multiples se compose cette partie de notre cerveau? De quelle complexité inouïe est le mécanisme histologique de notre mémoire!

Et cependant, comme elle nous paraît simple et naturelle, la mémoire consciente à laquelle nous sommes si habitués! Nous avons une tendance instinctive à considérer comme *élémentaires* les phénomènes familiers, et c'est pour cela que Hæckel considère la mémoire comme une propriété caractéristique de la matière vivante! Si le savant allemand attribue au mot mémoire un sens autre que celui qu'il a en réalité, nous ne pouvons savoir ce qu'il veut dire, mais s'il lui attribue son sens propre, nous avons le droit de nous étonner qu'il accorde à de simples agrégats de molécules quelque chose qui dépend uniquement du fonctionnement du système nerveux chez les animaux qui en sont pourvus[1].

Voilà pourquoi j'ai cru devoir insister sur le sens restreint du mot conscience. Quand Hæckel donne la conscience aux atomes, nous n'avons pas le droit de le contredire, mais nous pouvons nous demander ce qu'il entend par conscience quand nous le voyons accorder la mémoire aux plastidules constitutives du protoplasma.

(1) Ou tout au moins d'un mécanisme fort complexe qui rend *discontinue* la vie élémentaire manifestée de chaque élément. (*Théorie des plastides incomplets.*)

En un mot, nous devons restreindre la signification du mot conscience au fait que nous avons connaissance de certains processus physiologiques et non à l'ensemble des processus psychiques, c'est-à-dire des processus physiologiques dont nous avons connaissance. C'est la conscience ainsi définie et elle seule, que chacun a le droit d'accorder ou de refuser à volonté à tel ou tel corps vivant ou brut ; c'est d'elle que nous devons ne pas nous préoccuper dans la recherche des caractères communs aux êtres vivants. Nous sommes assurés, a priori, qu'il y a de tels caractères communs indépendants de l'idée de conscience, puisque nous savons, sans jamais nous tromper, *reconnaître* qu'un corps est vivant[1].

Lorsque nous connaîtrons un caractère discriminant des êtres vivants, nous saurons d'une manière précise ce que nous disons quand nous employons ce terme ; mais, s'il existe un tel caractère commun, d'une part à la levure de bière, d'autre part à l'homme qui est doué de conscience, nous n'aurons aucunement le droit d'en conclure que la levure de bière est consciente, car l'existence de la conscience chez l'homme peut être en relation avec un caractère *spécifique* autre que le caractère discriminant des êtres vivants.

Certes, une théorie complète de la vie doit arriver jusqu'aux phénomènes de conscience que nous constatons en nous-mêmes, *mais sous aucun prétexte, elle n'en doit partir*. Nous devons donc étudier complètement la vie et la mort chez tous les animaux sans nous préoccuper jamais, au cours de cette étude, de savoir si ces êtres sont ou non pourvus de conscience ; puis cette étude terminée, quand nous saurons bien ce que c'est que la vie, il sera intéressant de constater que telle ou telle particularité psychique est concomitante de telle ou telle particularité histologique ou physiologique. Ainsi, après tout ce que je viens de dire, notre plan se trouve

(1) Pourvu que nous l'observions pendant assez longtemps.

nettement tracé et l'ouvrage doit se diviser en trois parties :

*Première partie.* — Etude de la vie des êtres monoplastidaires ou vie élémentaire.

*Deuxième partie.* — Etude de la vie des êtres polyplastidaires ou vie proprement dite.

*Troisième partie.* — Relations entre la psychologie de l'homme, son histologie et sa physiologie.

Je m'efforcerai, au cours de cette série d'études, d'employer un langage aussi précis que possible, mais la précision du langage employé sera naturellement moindre au début du livre qu'à la fin. Une partie de l'ouvrage étant consacrée à la recherche d'une définition de la vie élémentaire par exemple, toutes les fois que ce terme sera employé avant que sa définition précise ait été donnée, il sera plus vague que lorsqu'il aura été défini rigoureusement. Les expressions seront donc de plus en plus nettes à mesure que nous avancerons, mais ce léger inconvénient de l'obscurité relative du début sera compensé largement par l'avantage qu'il y a à ne pas donner a priori des définitions de choses qu'on ne connaîtra complètement qu'ensuite[1]. « Toutes les vues a priori sur la vie n'ont fourni que des définitions insuffisantes. » (Claude Bernard.)

Je voudrais aussi, dans cette exposition, n'avoir recours qu'à des explications élémentaires pouvant être comprises même de ceux qui ne possèdent qu'une légère teinture scientifique, mais ce ne sera peut-être pas toujours possible. Sans s'appuyer sur toutes les lois physiques et toutes les réactions chimiques, l'étude de la vie exige une connaissance *approfondie* de quelques-unes au moins de ces lois et de ces réactions, connaissance qui manque peut-être à beaucoup de personnes désireuses de comprendre les phénomènes vitaux ou

(1) Pour les faire mieux saisir je répéterai en divers endroits et sous diverses formes les choses les plus importantes.

même habituées déjà à discuter la nature de ces phénomènes. Enfin, je serai forcé de m'appuyer sur un grand nombre de faits empruntés çà et là à la physiologie, la zoologie, la botanique, faits que je devrai supposer connus, car leur description m'entraînerait à de trop longs détails. Malheureusement, bien des gens veulent connaître ce qu'est la vie et en parler, en s'appuyant sur les seuls documents qu'on trouve dans les poètes et dans les philosophes et sans se donner la peine de l'étudier sous ses différentes formes. Chacun a l'habitude d'émettre une opinion sur tout ce qui touche à la vie, et tel acceptera avec respect l'enseignement d'un chimiste sur les propriétés de l'alcool, qui se croira le droit de discuter avec un biologiste au sujet de telle ou telle manifestation vitale *bien plus compliquée* qu'il n'a jamais étudiée. Les philosophes de la nouvelle génération ont commencé à se rendre compte qu'une solide érudition littéraire ne suffit pas et qu'il est bon d'étudier les sciences avant d'en parler, mais il faudra longtemps avant que cette réforme soit complète, et, dans tous les cas, tous ceux qui ne feront jamais d'études scientifiques n'en conserveront pas moins le droit de parler de la vie et de l'*étudier en descendant en eux-mêmes!* Il n'est pas nécessaire d'avoir un bagage scientifique extrêmement considérable pour comprendre les phénomènes vitaux, mais il y a cependant des connaissances absolument *indispensables* à cette étude et ceux qui ne les possèdent pas ne peuvent pas l'entreprendre. Il serait aussi illusoire de vouloir expliquer les phénomènes vitaux à des personnes complètement dépourvues d'instruction scientifique, qu'il m'a été impossible, en prenant cependant beaucoup de peine, de faire comprendre le phénomène si simple des pierres branlantes à un homme très érudit qui ne possédait aucune notion de mécanique.

J'ai publié l'année dernière, dans l'*Encyclopédie scientifique des aide-mémoire*, un petit volume, *La matière vivante*, qui eût pu à la rigueur servir d'introduction à

celui-ci ; j'ai cru devoir en répéter cependant plusieurs parties dans le premier des six livres ci-inclus afin de donner une précision plus grande à certains points de définition, particulièrement en ce qui a trait aux *substances vivantes* et aux différents cas de la vie élémentaire.

Le présent volume forme donc un ouvrage complet. Une partie des second et quatrième livres a paru, sous une forme condensée, dans la *Revue philosophique* (*La vie et la mort*, 1896).

Il m'est impossible de donner au commencement de cet ouvrage, soit un historique soit même un indice bibliographique, tant sont nombreux les ouvrages qui traitent de la théorie de la vie. Je ne puis davantage renvoyer le lecteur à des ouvrages où j'aurais plus particulièrement puisé des documents, car j'ai naturellement emprunté des faits à toutes les parties des sciences naturelles.

On trouvera un essai historique des théories de la vie dans Cl. Bernard (*Leçons sur les phénomènes de la vie*) et une bibliographie très vaste dans Delage (*La structure du protoplasme et les théories sur l'hérédité et les grands problèmes de la Biologie générale*).

Paris, 29 février 1896.

F. Le Dantec.

# PREMIÈRE PARTIE

## VIE DES ÊTRES MONOPLASTIDAIRES

### OU VIE ÉLÉMENTAIRE

---

Quand un chimiste découvre un composé nouveau, soit qu'il l'ait formé de toutes pièces par synthèse, soit qu'il l'ait extrait d'un corps préexistant où ce composé était mélangé à d'autres, il l'étudie et décrit *ses propriétés*, c'est-à-dire les qualités qui lui appartiennent en propre. Quelques-unes de ces propriétés peuvent n'être pas absolument caractéristiques du corps en question et appartenir en même temps à d'autres corps différents de celui-là, mais d'autres lui sont exclusivement personnelles et permettent de le reconnaître partout et toujours, même si l'on ne connaît pas sa composition atomique[1].

Je suppose qu'un corps A soit ainsi défini par telle réaction caractéristique à laquelle il donne lieu en présence du corps B dans des conditions déterminées; toute substance qui, dans ces conditions, ne donnera pas la réaction attendue, ne sera pas le corps A. Une substance, au contraire, qui la donnera, pourra être le corps A et si nous craignons de nous être trompés en

(1) Les exemples de ce fait deviennent de plus en plus rares avec les progrès de la chimie, mais il y a encore certains corps que nous savons reconnaître sans nous tromper jamais et dont nous ignorons la constitution.

attribuant cette réaction caratéristique au seul corps A, nous nous assurerons que c'est bien lui par une autre réaction qui lui soit également propre si nous en connaissons. C'est la méthode des analyses chimiques. Elle peut se résumer en ceci : les mêmes causes produisent les mêmes effets; si un effet change, c'est qu'une des causes a changé.

La méthode précédente qui est vraiment scientifique ne s'applique pas en général en biologie à cause de la notion dangereuse de l'individualité. Soit un être A considéré à un moment donné; il se compose d'un certain nombre de substances ayant des propriétés définies. J'ajoute de l'acool au liquide dans lequel il se trouvait *et je continue de l'appeler A* quoiqu'il ne contienne peut-être plus aucune des substances qui le caractérisaient tout à l'heure. Cet exemple présente un inconvénient; c'est que, après l'action de l'acool nous disons que A est mort et qu'il n'y a pas autant de danger par conséquent à lui conserver ce même nom A.

Mais je suppose que l'être A ait la propriété d'être attiré par une substance B comme nous le verrons un peu plus loin à propos du mouvement des plastides; eh bien ! l'être A, après avoir été soumis quelque temps à l'action d'une solution étendue de la substance B, *n'est plus attiré par la substance B*. Nous continuons néanmoins à l'appeler A, quoiqu'une des propriétés, qui nous permettaient tout à l'heure de le reconnaître, lui manque désormais. Nous renonçons donc de parti pris à la précision de la méthode chimique puisque nous appelons du même nom A deux ensembles de corps différents qui ont peut-être encore certaines propriétés communes, mais à l'un desquels manque au moins une propriété qui appartient à l'autre. Nous disons que l'être A est adapté, habitué à de nouvelles conditions [1].

J'ai du sel marin dans un flacon; je le traite à chaud

(1) Voyez le chapitre : *Evolution de l'espèce des plastides*, l. III.

par l'acide sulfurique il dégage de l'acide chlorhydrique; c'est une de ses propriétés. Au bout de quelque temps, il n'en dégage plus, quelque quantité d'acide sulfurique que j'ajoute; dirai-je que mon sel marin est habitué à l'acide sulfurique? Ce serait absurde, n'est-ce pas? C'est pourtant *exactement la même chose;* ce qui reste dans mon flacon a encore des proprités communes avec le sel marin initial, celle de jaunir, par exemple, la flamme incolore d'une lampe à alcool, mais ce n'est plus du sel marin, c'est du sulfate de soude.

En essayant d'appliquer, à l'étude des êtres monoplastidaires, la méthode précise de la chimie, on se heurte à de grandes difficultés à cause de la notion préconçue d'individualité, mais, ces difficultés surmontées, les résultats sont féconds. Il est essentiel d'abord de surveiller rigoureusement le langage et de n'employer que des termes précis.

Somme toute, au point de vue chimique, on ne devrait donner le même nom A qu'à deux plastides jouissant exactement de toutes les mêmes propriétés; alors seulement on aurait le droit de raisonner sur l'un de la même manière que sur l'autre, tandis qu'on a l'habitude de donner le même nom à des plastides qui n'ont en commun que quelques propriétés et qui diffèrent par d'autres qualités essentielles. En d'autres termes la notion d'*être* se trouve, dans l'état actuel du langage, tout à fait distincte de la notion de *substances chimiques* constituant l'être, et c'est un reste des théories vitalistes.

Je m'efforcerai d'appliquer autant que possible la méthode chimique dans la recherche des propriétés des plastides et la seule étude des faits actuellement connus me mènera ainsi à des définitions précises de tout ce qui concerne la vie élémentaire, sans que, pour obtenir ce résultat, je sois obligé de recourir à quelque hypothèse que ce soit.

Je procéderai dans cette étude par approximations successives.

Dans une première approximation je chercherai s'il

est possible de découvrir l'existence de caractères communs aux plastides vivants et à eux seuls au moyen d'une *observation de courte durée* de ces plastides. J'entends par observation de courte durée, l'observation de la manière d'être d'un plastide pendant un laps de temps assez restreint pour que le plastide ne se soit pas, dans cet intervalle, modifié sensiblement et particulièrement ne se soit pas divisé [1]. Cette première approximation ne nous mènera pas à la définition de la vie élémentaire [2], que nous trouverons seulement quand, dans une seconde approximation, nous aurons étudié les plastides au moyen d'une *observation plus prolongée*, supérieure à la durée d'une ou plusieurs générations de plastides. Enfin, dans une troisième approximation, une *observation de très longue durée* nous renseignera sur l'évolution des espèces monoplastidaires.

J'espère arriver ainsi à des notions très précises dès la deuxième approximation en appliquant sans cesse cette grande loi des sciences dites exactes et à laquelle les plastides vivants sont soumis comme tous les autres corps : les mêmes causes produisent les mêmes effets. Il faudra aussi, et c'est plus difficile, ainsi que je l'ai dit plus haut, à cause des idées incluses dans le langage même, ne pas oublier ce précepte de Descartes : « Ne cherchez pas ce qu'on a écrit ou pensé avant vous, mais sachez vous en tenir à ce que vous reconnaissez vous-même pour évident. »



(1) Je m'en suis tenu à peu près à cette première approximation dans le volume, *La matière vivante*, dont j'ai déjà parlé plus haut, et dans lequel je me suis principalement attaché à montrer que tous les phénomènes *vitaux* des plastides s'expliquent par les lois générales de la physique et de la chimie.

(2) Quoique ne pouvant employer, dans cette première approximation, un langage aussi précis qu'après les définitions de la seconde approximation, je m'efforcerai, pour décrire les phénomènes qu'elle permet de constater, de me servir uniquement, si c'est possible, d'expressions physiques et chimiques et non de termes empruntés à la physiologie des animaux supérieurs.

# LIVRE PREMIER

Première approximation

## OBSERVATION DE COURTE DURÉE

---

## CHAPITRE PREMIER

### STRUCTURE

Arrêtons-nous d'abord dans l'observation des plastides, à la structure même de ces plastides. En regardant assez attentivement, ou par le secours de procédés spéciaux, nous découvrons toujours quelque chose de commun à tous, et en premier lieu, nous remarquons qu'ils ont des dimensions limitées. Une longueur d'un dixième de millimètre est fort considérable déjà et le plus grand nombre des espèces ne l'atteignent pas ; le plastide nous apparait donc immédiatement en général comme une petite masse très exiguë, nettement délimitée dans le milieu ambiant.

Dans cette masse il est toujours[1] possible de distinguer deux parties qui se comportent différemment en présence des réactifs colorants, le *noyau* à l'intérieur, nettement délimité dans le *protoplasma* qui l'entoure de toutes parts. De plus, l'emploi de certains procédés histologiques permet le plus souvent de distinguer des parties différentes dans le protoplasma d'une part

(1) Je laisse de côté, avec intention, les monères de Hæckel que j'étudierai plus loin.

ment des plastides. C'est son apparente spontanéité qui a fait songer d'abord à l'existence d'un principe vital intérieur. En réalité, le mouvement n'est pas spontané ; il résulte, comme les autres manifestations de la vie élémentaire, des réactions physiques et chimiques qui se produisent entre la substance du plastide et le milieu. Nous ne nous en rendons pas compte tout d'abord, parce qu'instinctivement nous songeons à la natation des animaux supérieurs, des poissons par exemple. Et puis, nous considérons comme à peu près inerte ce milieu aqueux dans lequel nous ne constatons aucune réaction chimique énergique. Nous ne remarquons même pas, par l'observation pure et simple, la formation des nouveaux composés qui résultent de la vie élémentaire du plastide, comme l'acide carbonique, par exemple, qui prend naissance constamment.

Au contraire, quand nous laissons tomber sur l'eau un morceau de potassium, la réaction très violente qui se produit est évidente immédiatement. La chaleur que produit l'oxydation du métal suffit à enflammer l'hydrogène, et le tournoiement du solide à la surface du liquide ne nous étonne pas parce qu'il est accompagné de production de chaleur et de lumière. Il n'est jamais venu à l'idée de personne d'invoquer des principes immatériels pour expliquer ce mouvement ; on l'a attribué tout simplement aux modifications apportées par la réaction même à l'état d'équilibre des corps réagissants.

Eh bien, ce phénomène, pour être plus brutal et plus simple que celui du mouvement du plastide, n'en est pas moins de même nature ; nous assistons dans les deux cas à la naissance de forces mécaniques qui proviennent uniquement de réactions entre le mobile et le milieu. Il y a cependant, en apparence, une différence capitale entre les deux faits. Quand nous faisons une expérience de chimie, nous mettons au contact l'un de l'autre deux corps qui n'y étaient pas ; ces deux corps réagissent pendant un certain temps, puis arrive un état d'équilibre ; au contraire, quand nous observons un

plastide qui se meut dans l'eau, nous ne l'y avons pas mis; il y était quand nous avons commencé l'observation et cependant il se mouvait et il continue de se mouvoir *tout en restant dans l'eau ;* d'où le caractère de spontanéité apparente. Mais nous savons, par d'autres expériences, qu'il y a dans l'eau, à l'état de dissolution, un corps, l'oxygène, en présence duquel la substance du plastide réagit *constamment ;* il y a *constamment* oxydation de la substance ; voilà une première action chimique. Cette oxydation se produisant sans arrêt, devrait avoir une fin, car la quantité de substance oxydable du plastide est limitée. Sans doute, mais il y a dans l'eau, soit en dissolution soit en suspension, des corps qui peuvent s'incorporer au plastide et renouveler à chaque instant sa provision de substance oxydable. Comment? nous le verrons ultérieurement. Dans tous les cas, ce n'est pas seulement un phénomène chimique, l'oxydation, qui se passe au niveau du plastide et du milieu, mais une grande quantité de phénomènes chimiques concomitants, et il n'y a rien d'étonnant à ce que cet ensemble de phénomènes engendre un mouvement. Ce mouvement dépend naturellement de la *forme* du plastide et de la nature des réactions que sa composition rend possible ; aussi il y a à peu près autant de formes de mouvements qu'il y a d'espèces et nous ne pouvons pas songer à les décrire ici[1].

Pour nous rendre compte des causes du mouvement dans chaque cas, nous pourrions songer à procéder par élimination en supprimant un à un tous les facteurs qui peuvent entrer en jeu dans les réactions chimiques complexes dont nous venons de parler, mais nous nous heurtons là à une grave difficulté ; le plastide à l'état de vie élémentaire manifestée[2] est dans un état d'équi-

(1) Bütschli. (*Bronn's klassen und Ordnungen des Thierreichs*). Protozoa.

(2) J'emploie déjà cette expression que je définirai plus loin rigoureusement, mais je l'emploie d'une manière plus vague et moins précise que dans la suite.

libre mobile provenant de ce que le résultat de l'*ensemble* des réactions dont il est le siège est de ne pas altérer, en définitive, sa composition générale, autrement dit, de le laisser semblable à lui-même. Eh bien, nous ne savons pas, dans la plupart des cas, supprimer artificiellement un des facteurs de cet équilibre sans le rompre brusquement et détruire le corps lui-même. Cependant M. Verworn a réussi, comme nous le verrons plus loin, à *arrêter les mouvements* de certains rhizopodes pendant vingt-quatre heures en supprimant l'oxygène. Les mouvements ont repris quand le milieu a été oxygéné de nouveau.

En revanche, nous connaissons des agents physiques ou chimiques, qui, employés avec certaines précautions, ne détruisent pas les substances vivantes ; nous pouvons songer à introduire leur action dans les conditions générales du phénomène et à observer ce qui en résultera. Si réellement, comme nous devons le croire tant que rien ne nous démontrera le contraire, le mouvement d'un plastide est la conséquence de réactions chimiques, un agent physique qui a la propriété d'influencer un grand nombre de réactions chimiques pourra modifier le mouvement s'il se trouve précisément parmi les réactions qui produisent ce mouvement, une ou plusieurs de celles que cet agent est capable de faire varier.

Nous sommes donc amenés à étudier l'action sur le mouvement des plastides, de la lumière, de la chaleur, de l'électricité... etc. Nous étudierons aussi l'influence de diverses substances chimiques.

**Influence de la lumière.** — Considérons un faisceau de rayons lumineux parallèles et *de faible intensité* tombant sur un plastide dans l'eau (fig. 1).

Le rayon incident $S\alpha$ traversera la substance transparente du plastide dans une direction $\alpha\beta$ peu différente de $S\alpha$, car la réfrangibilité de cette substance est peu différente de celle de l'eau. Nous pouvons donc, pour

ne pas compliquer l'exposition du sujet considérer $\alpha\beta$ comme étant le prolongement de $S\alpha$. Or, suivons ce qui se passe le long de $\alpha\beta$ en supposant que la lumière employée a une influence sur des réactions possibles entre le plastide et le milieu ambiant. En $\alpha$, ces réactions seront influencées et l'intensité du rayon lumineux en sera diminuée d'autant. Sur le chemin $\alpha\beta$ pourront se modifier d'autres réactions internes entre les éléments

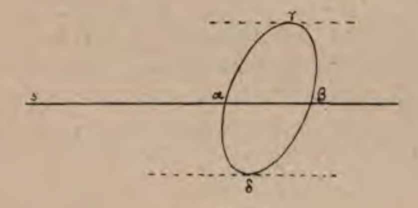



Fig. 1.

constitutifs du plastide, mais ces réactions *internes* nous n'avons aucune raison pour les faire intervenir dans un mouvement qui ne peut provenir que d'une modification d'équilibre *au contact* du corps et du milieu. Quoi qu'il en soit, le rayon arrivant en $\beta$ aura une intensité moindre qu'en $\alpha$ ; or nous avons supposé faible l'intensité du rayon incident ; l'énergie apportée en $\beta$ par le rayon lumineux pourra ainsi être relativement beaucoup moins considérable que l'énergie apportée en $\alpha$, et telle réaction que la lumière favorise sera bien plus activée en $\alpha$ qu'en $\beta$. On pourra diviser la surface du plastide en deux parties telles qu'à tout point $\alpha$ de la première correspondra un point $\beta$ de la seconde, et l'on saura que certaines réactions chimiques seront plus actives en $\alpha$ qu'en $\beta$. Ces deux parties de la surface du plastide seront précisément séparées par la ligne de contact d'un cylindre circonscrit *de direction* $S\alpha$ et l'on conçoit sans s'enfoncer plus avant dans une analyse mathématique, compliquée pour un corps de forme quelconque, que le résultat de cette différence établie entre les deux surfaces $\gamma\alpha\delta, \gamma\beta\delta$, soit une action

*directrice* en rapport avec la direction de la radiation incidente, puisque les deux régions d'inégale activité sur le plastide sont précisément séparées par une ligne qui est en rapport avec cette direction[1].

C'est ce que constate l'expérience.

Je ne m'étendrai pas sur les observations très intéressantes de Strasbürger, Engelmann, Stahl, Brandt, Verworn.... etc. ; je vais seulement en exposer les résultats les plus généraux.

C'est surtout sur des plastides végétaux, bactéries, diatomées, desmidiées, spores mobiles d'algues..... etc., et sur les infusoires flagellates que l'action de la lumière est vigoureuse. *Et cette action est toujours une action directrice en rapport avec la direction des radiations*[2], mais dont le sens peut varier avec les espèces étudiées. On conçoit en effet fort bien que, suivant la nature des réactions influencées par la lumière, la différence établie entre les deux faces $\gamma\alpha\delta$ et $\gamma\beta\delta$ se traduise par un mouvement dans un sens ou dans l'autre. Aussi l'on constate que telle espèce est attirée par une radiation de faible intensité, telle autre repoussée par la même radiation.

Ces différences spécifiques tiennent à la nature propre de chaque plastide, aux réactions qu'ils peuvent présenter en dehors de celles qui sont communes à tous les plastides ; elles nous donnent une nouvelle raison de ne pas admettre l'unité de la substance vivante.

Les mouvements de certains plastides (beaucoup de rhizopodes et de ciliés) ne sont pas le moins du monde influencés par la lumière ; on dit que ces plastides ne sont pas *phototactiques*, comme on dit de ceux qui

(1) Pour un corps de forme déterminée, diatomée, desmidiée, etc., l'analyse mathématique permet de prévoir les phénomènes d'*orientation*, de *direction*, etc. Je donne plus bas à propos de la chimiotaxie un exemple de ce calcul pour un corps sphérique.

(2) Ce rapport avec la direction des radiations est généralement un rapport de parallélisme, mais pas toujours

sont attirés ou repoussés par elle qu'ils sont *positivement* ou *négativement phototactiques*.

Dans le plus grand nombre des cas, ce sont les rayons les plus réfrangibles du spectre qui produisent l'action directrice la plus manifeste ; or, on sait que ces rayons sont précisément ceux qu'on appelle *chimiques* parce que c'est à leur influence seule qu'il faut attribuer les réactions chimiques déterminées par la lumière blanche (photographie) à l'exclusion des rayons les moins réfrangibles ou rayons thermiques [1].

On conçoit très bien, par suite de l'action directrice de la lumière, que certains plastides particulièrement phototactiques soient toujours rassemblés dans une infusion à la partie qui reçoit le plus directement la lumière du jour. Engelmann prend des bactéries au piège dans un point éclairé au milieu d'un liquide obscur. Les anthropomorphistes expliquent généralement ces faits, en disant que, par exemple, les plastides verts *recherchent* la lumière parce que leur action chlorophyllienne s'y exerce avec plus d'intensité.

De même, chez les végétaux supérieurs, certains organes sont positivement, d'autres négativement héliotropiques (Sachs). L'explication mécanique de ces phénomènes a été donnée avec beaucoup de netteté ; ils sont de même nature que les manifestations phototactiques des plastides (photauxisme) [2].



D'un tout autre ordre de complexité sont, au contraire, les phénomènes *héliotropiques* que J. Lœb a décrits chez des insectes et autres animaux supérieurs,

(1) Les détails sur les différences d'action phototactique suivant la nature et l'intensité de la radiation seront trouvés dans les mémoires cités à l'indice bibliographique ; on peut se contenter de lire à ce sujet le traité de Botanique de M. Van Tieghem, p. 123 et suivantes.

(2) Tout le monde a remarqué l'allongement extraordinaire de certaines plantes poussant à l'obscurité, allongement qui se produit généralement vers une source lumineuse même très faible, ce qui fait qu'on dit couramment que les plantes *cherchent* la lumière.

et c'est commettre une erreur grave que de les comparer *directement* aux mouvements phototactiques des plastides.

Dans un être pourvu d'un système nerveux complet, la lumière impressionnera certaines cellules superficielles. En chacune de ces cellules il pourra se passer des phénomènes phototactiques comparables à ceux que nous avons étudiés chez des plastides isolés, et chacun de ces phénomènes intracellulaires, considéré isolément, sera en relation *immédiate* avec la direction de la radiation lumineuse. Mais *la direction du mouvement général du corps n'a aucun rapport direct avec celle du mouvement individuel de chacun de ses plastides*. Le mouvement produit dans les cellules superficielles par l'action de la lumière transmettra une excitation spéciale aux cellules nerveuses centrales, d'où, par suite de phénomènes d'une très grande complexité, partira une nouvelle excitation déterminant l'activité de certains muscles[1], et nous ne savons pas encore dans l'état actuel de la science analyser cette opération multiple. La direction du mouvement général du corps provenant de l'activité de ces muscles n'aura qu'un rapport *infiniment éloigné* avec celle de la radiation qui a primitivement impressionné des cellules superficielles spéciales. Si, par aventure, nous constatons que dans certains cas le mouvement a lieu dans la direction de la lumière, il serait absurde de voir dans ce phénomène une réaction immédiate *de même ordre* que celle des plastides et d'employer pour le désigner le même terme *héliotropisme* qui sert pour les plantes. En suivant cette voie on arriverait rapidement à dire que le grillon qui sort de son trou quand un gamin y verse de l'eau (phénomène très général) est négativement hydrotropique, que la truite qui remonte le courant est négativement rhéotropique, que l'homme, enfin, qui re-

(1) Voyez au chapitre *Système nerveux* la théorie élémentaire des réflexes.

cherche l'ombre quand le soleil le chauffe trop, est négativement héliotropique.... etc.

En employant ainsi pour la dénomination des phénomènes de la vie des animaux supérieurs les mêmes expressions que pour les phénomènes de la vie élémentaire, on donne absolument raison aux anthropomorphistes. Ils ne commettent en effet qu'un abus du même ordre en faisant exactement le contraire et disant : que les plastides aiment mieux la lumière bleue que la lumière rouge..... etc. Engelmann parle d'un mouvement de frayeur des bactéries. Qui veut trop prouver ne prouve rien ; en essayant de faire croire qu'un insecte réagit à la lumière *de la même façon* qu'un protozoaire, on prête le flanc à une critique facile et on donne beau jeu aux vitalistes. Ceux-ci auraient aisément gain de cause si ceux qui n'acceptent pas leurs théories perdaient jamais de vue que les phénomènes macroscopiques des êtres supérieurs ne peuvent être expliqués mécaniquement qu'en tant que *résultante extrêmement complexe* de l'ensemble des manifestations microscopiques de l'activité de leurs plastides ; pour éviter ce danger il faut s'abstenir d'employer les mêmes termes pour désigner des phénomènes grossièrement similaires, mais en réalité d'un ordre de complexité tout différent.

On a discuté souvent l'utilité, pour les divers espèces de plastides, des phénomènes phototactiques ; l'erreur téléologique se glisse facilement dans des discussions de ce genre ; je m'en occuperai une fois pour toutes à propos de la chimiotaxie.

**Influence de la chaleur.** — L'étude de l'influence de la chaleur sur la direction des mouvements des plastides ne nous apprend rien de plus, au point de vue où nous nous plaçons, que celle de l'influence de la lumière.

Quant à la température, il faut qu'elle reste entre des limites quelquefois assez peu éloignées l'une de l'autre

et déterminables pour chaque espèce, pour que la vie élémentaire puisse se manifester et même pour que le plastide ne soit pas détruit. Somme toute, la température est une des conditions importantes de la vie élémentaire et toutes les réactions des plastides en dépendent[1].

**Excitations mécaniques, électriques, etc...** — Les excitations mécaniques provoquent des réactions desquelles il est difficile de tirer des conclusions importantes car elles sont très obtuses chez les plastides les moins différenciés et leur analyse est très complexe chez les plus élevés des Protozoaires.

On a expérimenté aussi l'action des courants électriques, des courants d'eau, etc., sur les mouvements des plastides[2], mais il n'y a pas lieu de s'arrêter ici à ces études qui ne nous donnent aucune nouvelle notion générale.

**Influence des substances chimiques.** — Au contraire, l'étude de l'influence des substances chimiques sur les mouvements est extrêmement importante; c'est, somme toute, la seule *chimie des plastides* qu'il nous soit donné de faire dans l'état actuel de la science puisque nous ne connaissons pas leur constitution atomique.

Des dispositifs spéciaux d'expérience nous permettront d'étudier successivement l'action des substances chimiques sur la direction des mouvements et leur

(1) Tous les plastides sont détruits à une température largement inférieure à 200 degrés centigrades ; on peut donc considérer cette température de 200 degrés comme un grand maximum dans l'établissement des conditions où la vie élémentaire est possible ; nous nous servirons plus tard de cette constatation. (V. ch. XVII.)

(2) On a créé pour définir le rôle de ces divers agents dans le mouvement des plastides les néologismes : *Electrotropisme*, *rhéotropisme*, *thermotropisme*, etc. Tous ces phénomènes s'expliquent exactement comme le phototropisme et le chimiotropisme.

action sur la nature même et l'intensité des mouvements.

**Chimiotaxie.** — Naturellement, pour qu'il y ait *direction* du mouvement par une substance chimique, il faut que cette substance ne soit pas distribuée d'une façon homogène dans le liquide où se trouvent les plastides. On conçoit que dans un milieu contenant en dissolution homogène une matière A susceptible de réagir chimiquement sur les plastides, la nature et l'intensité du mouvement soient modifiées par le fait que cette réaction entre eux et A s'ajoute aux autres réactions vitales ; mais on ne comprendrait pas une action *directrice* dans ces conditions.

Dans les expériences de Pfeffer qui sont un modèle de rigueur scientifique, il n'en est pas de même.

Pour étudier l'influence d'une substance A, il en introduit une solution de concentration connue dans un tube capillaire qu'il ferme à une extrémité ; puis il immerge le tube ainsi préparé dans le liquide contenant les plastides. Naturellement à cause des dimensions capillaires du tube il ne pourra pas se produire de mouvement d'ensemble du liquide à son intérieur ; c'est seulement à son orifice que se produisent des phénomènes de diffusion et l'on pourra ainsi expérimenter sur des doses de substance tout à fait infinitésimales. Somme toute, au cours du phénomène, voici quelle sera la distribution de la substance dans l'ensemble du vase et du tube.

Par suite de la diffusion lente, la teneur en substance A sera la même pour tous les points situés à la même distance de l'ouverture du tube capillaire ; autrement dit, les zones d'égale teneur en substance A seront des sphères concentriques ayant toutes pour centre l'ouverture du tube capillaire, et cette teneur diminuera à mesure que le rayon des sphères croitra. Quant au contenu du tube capillaire lui-même, comme le diamètre de ce tube est peu considérable nous pourrons nous le

représenter grossièrement par une simple ligne le long de laquelle la teneur augmentera à mesure qu'on s'enfoncera à son intérieur plus loin de son orifice.

Ceci posé, considérons un plastide dans le liquide où la teneur en substance A est ainsi distribuée suivant des sphères concentriques de centre O (fig. 2). Menons du point O un rayon quelconque O $\alpha$ $\beta$ qui rencontre la surface du plastide aux deux points $\alpha$ et $\beta$. *Quel que soit*

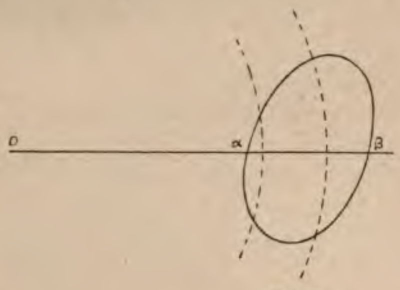



Fig. 2.

*ce rayon* la teneur en substance A sera plus forte au point $\alpha$ qu'au point $\beta$ et par conséquent les réactions qui se produisent en ces points entre le plastide et le milieu devront présenter une différence d'intensité en rapport avec la différence de concentration. On pourra donc affirmer d'une façon générale que, si l'on suppose construit le cône du sommet O circonscrit à la surface du plastide, la ligne de contact séparera cette surface en deux régions telles qu'à tout point de la première corresponde un point de la seconde où le liquide a *une teneur moindre* en substance A. Les différences de réaction entre tous les points $\alpha$ et tous les points $\beta$ seront donc de même sens. Dans le cas d'un corps de forme quelconque, le calcul est compliqué quoiqu'on conçoive bien que la résultante de toutes ces différences groupées sur des rayons passant par *o*, puisse passer par *o*.

Mais supposons que nous ayons affaire à un plastide sphérique (fig. 3).

A chaque rayon $o\ \alpha\ \beta$ correspondra un rayon $o\ \alpha'$, symétrique par rapport à l'axe $o\ a$, et tel que $o\ \alpha = o\ \alpha$ $o\ \beta = o\ \beta'$. La teneur en $\alpha$ est donc égale à la teneur en $\alpha'$, de même pour $\beta$ et $\beta'$.

Or considérons le point $\alpha$ : les actions qui s'effectuent dans le voisinage immédiat de ce point sont disposées symétriquement par rapport à la normale $a\alpha$. La force qui en résultera sera donc dirigée suivant la normale :

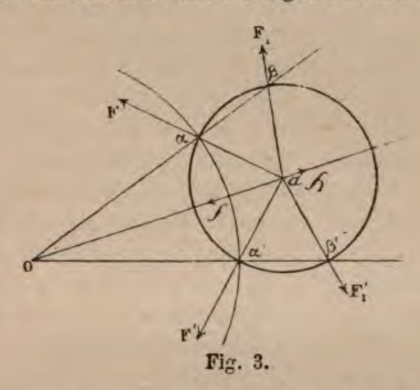



Fig. 3.

supposons, par exemple, que cette force F soit centri fuge par rapport à la sphère, c'est-à-dire qu'à chaque point de la surface la force aille de la sphère vers le milieu ambiant.

Nous avons alors affaire à quatre forces $F\ F_1$, $F'$ et $F'_1$, normales aux points $\alpha\ \alpha'\ \beta$ et $\beta'$ et telles que $F = F'$ $F_1 = F_1'$ $F > F_1$. La résultante de $F$ et de $F'$ est une force $f$ dirigée suivant $\alpha\ o$ ; la résultante de $F_1$ et de $F'$- est une force $f_1$ dirigée aussi suivant $\alpha\ o$, mais en sens contraire, et $f$ est $> f_1$. La résultante totale des quatre actions est ainsi une force $f - f_1$ dirigée de $\alpha$ vers $o$. Il en sera de même pour tous les rayons $o\ \alpha\ \beta$ accouplés symétriquement deux à deux, et le mouvement du plastide sera un mouvement *d'attraction* vers $o$ (1). Si nous

(1) Pour avoir le droit de faire cette composition de forces, il faut supposer unis d'une manière rigide leurs points d'applica-

avions supposé qu'en chaque point $\alpha$ les actions étaient telles que la force F était dirigée du milieu vers la sphère, nous aurions de même constaté une répulsion du plastide loin de O.

Plaçons-nous dans le premier cas d'une attraction vers *o*. Le plastide manifeste une tendance à passer du milieu de moindre teneur au milieu de teneur plus forte; une fois arrivé en *o* il devra donc entrer dans le tube capillaire où les teneurs vont en décroissant à partir de l'orifice; mais ici s'introduit l'influence des propriétés capillaires du tube, ce qui permet de modifier le phénomène.

Quoi qu'il en soit, cette attraction qu'on pouvait prévoir, les expériences de Pfeffer l'ont mise en évidence chez des bactéries, des flagellés, des anthérozoïdes de cryptogames, etc. Il a constaté que les diverses espèces de plastides sont différemment impressionnées par les diverses substances : « Il y a tous les degrés depuis la sensibilité la plus exaltée jusqu'à la plus complète insensibilité. » Il y a des substances qui attirent certaines espèces (chimiotaxie positive), il y en a d'autres qui les repoussent (chimiotaxie négative). Si une espèce manifeste pour une substance déterminée une chimiotaxie positive, les plastides de cette espèce pourront dans des conditions de concentration déterminée[1] venir remplir le tube capillaire.

Un grand nombre de phénomènes très importants de la vie élémentaire trouvent leur explication dans la chimiotaxie. D'abord, l'état de mouvement à peu près constant chez certaines espèces peut se rapporter à des différences de constitution, des absences d'homogénéité du milieu où sont répandues, en quantités infinitésimales

tion. Dans le cas où le plastide est susceptible de déformation, le phénomène de mouvement est différent. (Voir p. 60, *Mouvement amiboïde*.)

(1) Je renvoie aux mémoires de Pfeffer pour les détails relatifs aux variations du chimiotactisme avec la concentration des solutions : l'étude complète de ces variations exigerait de trop longs développements.

il est vrai, tant de substances pour lesquelles ces espèces manifestent une sensibilité chimiotactique extrême. Cette sensibilité est en effet telle, dans certains cas, que plusieurs auteurs proposent l'emploi des plastides pour déceler dans des solutions la présence de quantités presque impondérables de quelques substances.

C'est à une action chimiotactique qu'il faut attribuer l'attraction du spermatozoïde vers l'œuf à féconder[1]; c'est à une action de même ordre qu'il faut attribuer les propriétés phagocytaires des globules blancs, propriétés dont M. Metchnikoff a montré l'importance énorme dans la résistance des êtres à l'envahissement par les bactéries pathogènes. MM. Massart et Bordet, ont montré en effet l'influence chimiotactique des cultures de bactéries, et aussi des mêmes cultures filtrées (réduites aux produits solubles élaborés par ces êtres), sur les leucocytes des animaux supérieurs. Les phénomènes de nutrition d'un grand nombre de protozoaires dépendent de la même façon de propriétés chimiotactiques.

C'est précisément à cause de leur utilité, manifeste dans la plupart des cas, que les influences chimiotactiques ont été d'abord expliquées par des vues téléologiques et anthropomorphiques. Stahl avait déjà supposé que toutes les substances nutritives pour une espèce devaient l'attirer, être positivement chimiotropiques; c'est ce qui a lieu en effet dans la plupart des cas, mais il y a néanmoins des exceptions; ainsi par exemple la glycérine n'attire pas des bactéries qui peuvent s'en nourrir. De même, les substances nuisibles sont en général négativement chimiotropiques, mais il y a des exceptions, et certains plastides subissent une attraction vigoureuse très évidente de la part de substances qui leur sont absolument funestes.

Ces exceptions suffiraient à la rigueur à empêcher d'admettre les explications anthropomorphistes : que

(1) Voir chapitre XXVII.

les plastides *recherchent* les substances qui leur sont utiles et fuient celles qui leur sont nuisibles ; mais en leur absence même, il n'y aurait aucune raison d'accepter cette manière de voir quand l'explication mécanique est si facile à concevoir.

Revenons par exemple au cas très simple du plastide sphérique étudié plus haut. Si la force élémentaire F résultant des réactions en un point $\alpha$ quelconque est centrifuge, il y a attraction vers $o$ ; il y a répulsion si cette force élémentaire est centripète ; il est bien facile d'admettre que dans la plupart des cas, les réactions qui déterminent la naissance d'une force centrifuge F ne tendent pas à détruire l'équilibre du plastide, et que c'est le contraire pour les réactions déterminant la naissance d'une force centripète. Cela n'est même pas une hypothèse, c'est la conclusion de faits d'observation courante.

Quelle que soit la valeur plus ou moins grande de cette explication, il ne manquera certes pas de téléologistes qui y trouveront une nouvelle preuve de la préexistence d'un admirable plan de la nature. Or, supposons, dans un liquide non homogène dans lequel existent plusieurs centres de diffusion de substances différentes, diverses espèces de plastides ; au bout de quelque temps toutes celles qui sont positivement chimiotropiques pour des substances nuisibles auront disparu ; un peu plus tard, celles qui ne sont pas positivement chimiotropiques pour les substances utiles auront également disparu et il ne restera plus dans notre liquide que les espèces qui seront à la fois positivement chimiotropiques pour les substances utiles et négativement chimiotropiques pour les substances nuisibles. Il n'y a donc rien d'étonnant à ce que toutes les espèces de plastides que nous observons aujourd'hui dans les eaux douces et les eaux salées, soient négativement chimiotropiques pour les substances qui leur sont nuisibles et qui ont pu se trouver normalement un jour ou l'autre en un point du milieu où elles ont vécu.

Mais si nous expérimentons une substance nouvelle, complexe, que ces êtres n'ont jamais eu occasion de rencontrer au cours de l'existence de leur espèce, nous ne devons pas nous étonner qu'ils soient positivement chimiotropiques pour une substance qui leur est nuisible ; nous pouvons seulement affirmer que si cette substance s'était rencontrée souvent dans le milieu où l'espèce en question a vécu, cette espèce ne serait pas arrivée jusqu'à nous [1].

Une autre particularité à signaler à propos des propriétés chimiotactiques des plastides, est l'adaption de ces organismes à la concentration des solutions salines. J. Massart a montré que l'on peut par exemple rendre petit à petit insensibles à des solutions plus concentrées, des bactéries qui primitivement étaient sensibles à des solutions même moins concentrées. Les anthropomorphistes ne manquent pas de voir dans ce phénomène la formation d'habitudes. Or, rappelons-nous l'étude faite plus haut ; c'est sous l'influence des réactions chimiques différentes aux points $\alpha$ et aux points $\beta$ que la direction vers $o$ est obtenue. Mais ces réactions peuvent avoir une fin ; il se peut qu'au bout d'un certain temps le plastide se soit saturé petit à petit de la substance nouvelle qu'on vient de lui fournir et qu'il n'y ait plus lieu entre lui et elle à aucune réaction. Mais alors, ce plastide *adapté* à la solution saline est devenu *différent* de ce qu'il était primitivement ; sa composition chimique n'est plus la même et il y a un nouveau facteur dans son équilibre ; il se peut donc que si on lui enlève brusquement ce facteur nouveau, la destruction de l'équilibre entraîne celle du plastide et en effet Hafkine a montré que certaines espèces, adaptées à une concentration saline déterminée étaient tuées quand on les transportait

(1) Je devrais parler ici du mouvement amiboïde ; je renvoie son étude au chapitre suivant, l'*Addition*, parce que c'est à propos de l'addition que j'exposerai les phénomènes de tension superficielle qu'il est nécessaire de connaître pour comprendre ce genre de mouvement.

brusquement dans un milieu de concentration différente[1].

Ceci m'amène à étudier l'influence des substances chimiques sur la nature et l'intensité des mouvements. Naturellement les substances qui avec le dispositif expérimental de Pfeffer produisaient une action directrice agiront également sur l'intensité des mouvements des plastides. Par exemple, l'oxygène, Engelmann l'a montré, exerce une action directrice très efficace sur les bactéries; or nous savons que l'oxygène réagit sur tous les plastides; cette action est constante dans tout milieu oxygéné et il est fort probable que c'est à la distribution sans cesse changeante de l'oxygène dans les infusions que sont dus la plupart des mouvements normaux des plastides. Eh bien, Verworn a précisément montré que si l'on soustrait l'oxygène d'une infusion, les mouvements des rhizopodes ne tardent pas à se ralentir et à s'arrêter. Si on leur rend l'oxygène après plusieurs heures de repos, le mouvement recommence.

M. Preyer qui a étudié cette suspension du mouvement par la privation d'oxygène a appliqué au phénomène la dénomination nouvelle et au moins inutile d'anabiose.

Il est utile de renvoyer plus loin une étude qui semblerait trouver sa place ici, celle des anesthésiques et des poisons; leurs effets seront plus faciles à expliquer quand la vie élémentaire sera nettement définie[2].

Mais il nous reste à étudier une série d'autres phénomènes complexes qui, par un côté au moins, se rattachent au mouvement. Nous savons que la substance des corps vivants est en relation continuelle d'échanges avec le milieu qui la baigne; c'est même dans ces échanges que nous avons trouvé la cause des mouvements des plastides.

(1) Je me contente de citer en passant ces faits d'adaptation sur lesquels je reviendrai plus longuement dans le livre III (3e approximation).

(2) Voyez au chapitre *Irritabilité*.

Elle absorbe, par exemple, de l'oxygène et dégage de l'acide carbonique, phénomène par lequel elle perd une partie de son carbone de constitution ; eh bien ! ce carbone doit être remplacé pour que le corps ne disparaisse pas en se détruisant peu à peu ; il y a constamment soustraction, il faut qu'il y ait *addition* de parties nouvelles, et, pour que la substance conserve ses propriétés il faut que le résultat de ces deux opérations soit de ne pas modifier sa composition générale. C'est précisément ce qui arrive, et c'est pour cela qu'on peut dire que la substance d'un plastide *à l'état de vie manifestée*, est, au point de vue de sa composition, *dans un état d'équilibre mobile perpétuel; l'addition* est suivie *d'assimilation.*

J'emploie intentionnellement le mot « *addition* » au lieu de toute autre expression ; je suis, en cela, fidèle à mon système, d'éviter d'appliquer aux manifestations de la vie élémentaire les dénominations employées pour celles de la vie des êtres supérieurs. Le mot nutrition a, en physiologie, une signification spéciale empruntée à l'étude des actes vitaux de l'homme et des animaux supérieurs ; il représente une série déterminée de processus : préhension, mastication, déglutition, digestion, etc., et l'on est trop souvent tenté, lorsqu'on emploie une telle expression, de lui attribuer son sens le plus complet, celui qu'il a chez l'homme. L'emploi du mot *addition*, commun aux substances mortes, a l'avantage de nous faire éviter le danger anthropomorphique.

# CHAPITRE III

## ADDITION

**Rhizopodes réticulés.** — Pour suivre la complexité croissante du phénomène d'addition chez les plastides nucléés, je commence par l'étudier chez les moins différenciés de tous, les rhizopodes réticulés. Il y a parmi ces rhizopodes réticulés eux-mêmes des types de complication diverse, nous nous occuperons particulièrement des plus simples, chez lesquels, en dehors du noyau, le protoplasma est absolument homogène de la profondeur à la surface et ne manifeste aucune différenciation organique.

Tant qu'il s'est agi de mouvements et particulièrement de direction générale des mouvements, une description approfondie des plastides n'était pas nécessaire [1] ; il n'en est pas de même pour étudier les phénomènes d'addition, et nous devons particulièrement nous attacher à connaître l'état physique de la *surface* du plastide, puisque c'est de cet état physique que dépendra la possibilité de l'addition.

Le protoplasma des rhizopodes réticulés est *très faiblement séparé* de l'eau dans laquelle ils vivent ; il est utile de donner à ce sujet quelques mots d'explication.

**Tension superficielle.** — Versez, dans un verre, du mercure et de l'eau ; l'eau se superposera au mercure, et il y aura entre les deux liquides une *surface de séparation* d'une netteté absolue. On démontre en physique

(1) Sauf les cas où on veut étudier la forme même des mouvements, ce qui ne présente pas d'intérêt général.

que par suite des actions moléculaires, tout se passe au niveau de cette surface comme s'il y existait une membrane tendue mais extrêmement extensible qui empêche le mélange des deux liquides. La résistance à l'extension de cette membrane élastique fictive est ce qu'on appelle la *tension superficielle* au contact du mercure et de l'eau. C'est une quantité susceptible de mensuration et qui est déterminée pour deux fluides donnés dans des conditions données. Quand elle est forte, comme au contact du mercure et de l'eau, les deux liquides sont fortement séparés; leur mélange est impossible : il n'aurait pas lieu, même si les deux densités étaient égales.

Dans ces conditions, enfoncez dans l'eau une aiguille lavée à l'acool, elle sera mouillée par l'eau ; enfoncez-la davantage, jusqu'à la surface de séparation et au delà, vous déterminerez une dépression dans cette surface. Votre aiguille semblera pénétrer dans le mercure, mais il n'en sera rien; elle pénétrera dans une gaine formée par la membrane élastique fictive qui sépare le mercure de l'eau, et cette gaine sera remplie d'eau, de sorte que votre aiguille sera toujours en contact avec l'eau et non avec le mercure; si vous retirez l'aiguille, la gaine, par élasticité, suivra le mouvement, se videra de son eau et disparaîtra : autrement dit, vous n'aurez pas réussi avec votre aiguille mouillée d'eau à *crever* la membrane fictive qui sépare le mercure de l'eau et à pénétrer dans le mercure lui-même. La forte tension superficielle au contact de l'eau et du mercure a donc pour effet de s'opposer à ce qu'un corps préalablement *mouillé*, *touché* par l'eau puisse être, à moins d'actions mécaniques très énergiques, mouillé, touché par le mercure ; le mercure est *fortement séparé de l'eau*.

Au contraire, quand la tension superficielle est nulle, les deux liquides sont miscibles ; tout corps mouillé par l'un et venant au contact de l'autre sera mouillé par l'autre. Imaginez dans un verre une solution *aqueuse* d'une substance colorée en bleu, par exemple, et

supposez qu'en agissant avec précaution, vous soyez arrivé à verser dessus sans faire de mélange une certaine quantité d'eau pure. Votre aiguille propre enfoncée dans l'eau pure se mouillera d'eau pure ; quand sa pointe pénétrera dans l'eau bleue elle se mouillera d'eau bleue ; il n'y a pas de membrane fictive à crever pour que cela se produise; les deux liquides *ne sont pas séparés.*

Entre ces deux cas extrêmes d'une tension superficielle absolument nulle et d'une tension superficielle très forte, il y a toute une série de cas intermédiaires. Ce que nous avons dit tout à l'heure, que le protoplasma des rhizopodes réticulés est faiblement séparé de l'eau revient à ceci que la tension superficielle au contact de ce protoplasma et de l'eau est très peu considérable, autrement dit, que la membrane fictive qui sépare les deux liquides, que la force qui s'oppose à leur mélange et empêche un corps mouillé par l'eau de pénétrer dans le protoplasma, d'être mouillé par le protoplasma est *extrêmement faible.*

**Gromies.** — C'est dans les gromies qu'on trouve les plus simples des rhizopodes réticulés. Leur noyau, et, à l'état de rétraction, leur protoplasma, sont inclus dans une coque ovoïde ayant à l'une de ses extrémités une ouverture circulaire assez large. C'est ainsi qu'on les observe lorsqu'on les transporte sous le microscope, dans une goutte d'eau sur un porte-objet ; mais au bout de quelque temps de repos le protoplasma sort de la coquille et s'étale sur le porte-objet en expansions filiformes qu'on appelle *pseudopodes* ou *rhizopodes*[1]. Ce pseudopodes s'allongent peu à peu, et si l'on suit leur allongement à un fort grossissement on croit assister à l'écoulement d'une eau chargée de granulations dans le sein d'une eau pure; sans la présence de granulations à son intérieur, le contour du pseudopode serait

(1) Pour la production des pseudopodes voyez plus bas, p. 60.

peu apparent car sa réfrangibilité est très voisine de celle de l'eau.

Quand, au cours de son extension progressive, un pseudopode en rencontre un déjà établi, il s'y jette à plein canal comme un ruisseau dans un autre ruisseau; c'est pour cela qu'au bout de quelque temps le protoplasma étalé hors de la coquille affecte la forme d'un réseau très compliqué de pseudopodes filiformes bifurqués et anastomosés avec des palmures aux points d'anastomose. C'est ce phénomène de soudure des pseudopodes qui, bien observé par Dujardin, a tant surpris ce savant et lui a fait admettre chez ces animaux l'absence de tégument propre : « Il faut bien faire attention d'ailleurs que, en niant dans certains animaux la présence d'un tégument propre, je ne prétends pas du tout nier l'existence d'une surface; j'admettrai même volontiers que cette surface peut, par le contact du liquide environnant, acquérir un certain degré de consistance (c'est ce que nous appelons aujourd'hui la tension superficielle)... mais sans qu'il se soit produit une couche autrement organisée que l'intérieur, sans que cette surface ait acquis par le seul fait de sa consolidation, des fibres, un épiderme... etc. » (*Histoire naturelle des infusoires.*) Cette description, merveilleuse dans l'état de la science à cette époque, a été écrite en 1841.

Le noyau reste toujours à l'intérieur de la coque.

Les corps étrangers qui se trouvent en suspension dans l'eau, amenés par le hasard vers ces pseudopodes, les touchent et y adhèrent, y pénètrent en partie, à cause de la faible tension superficielle qui limite le protoplasma. Mais, une fois cette adhérence réalisée, les courants intrapseudopodiques sont gênés, arrêtés par le corps étranger qui détermine ainsi à son niveau la formation d'une varice protoplasmique dans laquelle il est petit à petit absolument englobé. Ainsi ce corps, naguère mouillé par l'eau, baigne maintenant directement dans le sarcode; il est *ajouté* au sarcode qui contenait déjà de nombreuses granulations solides. Cette addition a

lieu naturellement chaque fois qu'une particule de dimensions assez petites est amenée par le hasard des courants au contact d'un pseudopode.

Il serait peu raisonnable d'appliquer le terme de préhension ou même d'ingestion au phénomène purement passif auquel nous venons d'assister; nous verrons d'ailleurs que le terme « ingestion » a une signification précise bien plus compliquée chez des plastides plus différenciés [1]. Il ne semble pas admissible non plus qu'on applique le mot « bouche » à la désignation du point par lequel a eu lieu la pénétration du corps étranger, ce qui amènerait à appeler les rhizopodes des *panstomata* comme l'ont fait certains auteurs.

Avant de suivre le sort du corps solide ainsi *ajouté* à la substance de notre réticulé comme un morceau de sucre est ajouté à l'eau dans laquelle on l'introduit, considérons le cas très particulier où l'addition porte sur une substance protoplasmique identique à celles des pseudopodes eux-mêmes.

Pour cela, séparons d'un trait de scalpel une petite partie du réseau pseudopodique de l'animal; nous verrons plus loin à propos des expériences de mérotomie ce qui se passe alors [2]; pour le moment nous constatons seulement que la masse de protoplasma de notre réticulé est légèrement diminuée, ce qui ne change rien à son état; la partie séparée de lui est restée étalée là où elle a été coupée et, après une contraction de quelques instants, a de nouveau la forme d'une partie normale d'un réseau pseudopodique de réticulé avec ses pseudopodes ramifiés et anastomosés; c'est du protoplasma de Gromie à l'état de vie élémentaire manifestée. Eh bien! que le hasard ou l'expérimentation amène au contact de la masse isolée un ou deux pseudopodes en voie d'extension, de l'animal dont elle a été détachée, il y a soudure immédiate, et la masse, séparée tout à l'heure fait de

(1) Voyez plus bas p. 64.

(2 Voir p. 75 et 90.

nouveau partie du tout sarcodique auquel elle appartenait primitivement.

Nous ne possédons pas d'autre moyen d'ajouter à un animal une substance identique à sa propre substance, que de lui en emprunter à lui-même et c'est ce que nous avons fait dans l'expérience précédente, mais *nous n'avons pas à nous préoccuper de la provenance* de la matière ajoutée. Nous constatons seulement que : *si l'on fournit à un rhizopode réticulé une certaine quantité de substance de composition identique à celle de son protoplasma, l'addition de cette substance à celle du réticulé est possible et a lieu*[1]. La masse de l'animal s'est accrue de cette substance nouvelle par un phénomène d'addition aussi simple que celui qui consiste à ajouter de l'eau dans un verre d'eau.

Recommençons l'expérience précédente, mais laissons écouler quelques heures entre le moment où a lieu la séparation et celui où les pseudopodes de l'animal (ou d'un autre animal de même espèce, ou même d'un autre réticulé d'espèce différente) se trouveront au contact de la masse sarcodique isolée. Nous verrons plus loin que cette masse isolée a subi des modifications physiques et chimiques dont la constatation est du plus haut intérêt. Sa constitution n'est pas cependant encore extrêmement différente de celle du protoplasma des pseudopodes qui sont amenés à son contact. Dans ces conditions il y a encore soudure immédiate et la masse isolée s'écoule dans le pseudopode qui vient de la toucher, vers le noyau de l'animal. Nous constatons encore ici l'*addition directe au sarcode* d'une substance de composition relativement voisine, mais non identique ; s'il n'y avait pas de phénomène ultérieur, la constitution du protoplasma de l'animal se trouverait modifiée par cette addition.

(1) C'est un cas d'addition analogue, prêté, à tort, il est vrai, aux infusoires par Maupas, que Fabre Domergue (*Ann. sc. nat. zool*, 1888) considère comme fondamentalement anti-physiologique et compare à une véritable conjugaison.

Supposons maintenant qu'un infusoire cilié, errant dans le liquide, vienne se prendre au réseau pseudopodique du réticulé. Au point de vue qui nous occupe, cet infusoire cilié est un plastide dans lequel le protoplasma extérieur (ectoplasma) est plus résistant que le protoplasma intérieur dont la partie la plus fluide (paraplasma) est d'une consistance analogue à celle du sarcode des réticulés.

Cet infusoire sera englobé dans une varice comme nous l'avons vu tout à l'heure pour un corps solide quelconque ; après l'englobement, il nagera dans le sarcode comme il nageait dans l'eau ; s'il ne retourne pas dans l'eau d'où il vient (ce qui arrive quelquefois), il mourra assez vite. Son paraplasma, se trouvant au contact du sarcode du réticulé par les points où il est à nu et aussi par les déchirures de l'octoplasma, s'ajoutera naturellement à ce sarcode et sera entraîné vers le noyau, comme cela avait lieu dans le cas précédemment décrit. Tout se passe de même quand le plastide englobé est une algue dont la paroi est résistante, une diatomée par exemple.

Ici encore la substance ajoutée à celle du réticulé en semble relativement voisine quoique différente. Les deux derniers cas que nous venons d'étudier sont des cas *d'addition directe au protoplasma de substances miscibles avec lui mais différentes de lui.* C'est ce qui se passe quand on ajoute du vin dans de l'eau.

Mais continuons l'observation ; ce qui reste de l'infusoire englobé, ce sont ses parties les plus résistantes, ce que nous pouvons appeler son squelette ; dans certains cas, ce squelette est très solide et alors il ne se dissout pas dans le sarcode de la gromie, mais le plus souvent, entraîné vers le noyau dans la coque, il finit par disparaître complètement ; et ceci nous amène au cas où c'est un corps solide quelconque qui est englobé dans une varice d'un pseudopode. Ainsi que nous l'avons déjà dit, ce corps baigne directement dans le sarcode. Ou bien il est insoluble dans ce dernier liquide, et alors

il séjournera quelque temps dans son sein jusqu'à ce qu'enfin il soit abandonné à l'extérieur ; ou bien il y sera soluble totalement ou en partie et alors il se dissoudra autant que ce sera possible ; les parties non dissoutes finiront comme le corps insoluble de tout à l'heure par être abandonnées à l'extérieur. Cela a lieu par exemple pour des grains d'amidon qui sont rejetés diminués et très modifiés [1].

Voilà donc une addition un peu plus complexe, accompagnée de dissolution ; c'est ce qui a lieu quand on ajoute du sucre dans de l'eau.

Pour ce qui est des phénomènes qui peuvent s'observer optiquement, il ne semble pas qu'il existe chez les rhizopodes réticulés de mode d'addition différent des précédents. Il y a bien des échanges liquides et gazeux avec le milieu au niveau de la surface de séparation, mais ils échappent à l'observation directe. Tous les modes d'addition que nous venons de passer en revue sont extrêmement simples, aussi simples que ceux que nous constatons dans les matières mortes ; il est donc bien inutile d'employer pour les désigner d'autres termes que ceux qu'on emploie en physique.

Avant de passer à des phénomènes d'addition plus compliqués, voyons rapidement quels plastides en présentent d'aussi simples que ceux des rhizopodes réticulés.

Il y a des infusoires très spéciaux, les acinétiens, qui se composent d'une masse de protoplasma avec noyau et nucléoles entourée d'une paroi assez résistante dont certains prolongements tubuliformes peuvent percer l'enveloppe d'autres plastides ; une fois cette opération effectuée un phénomène d'aspiration se produit, par suite duquel le plasma fluide du plastide attaqué s'écoule dans le plasma de l'être suceur et s'ajoute directement à lui ; l'acinétien grossit d'autant [2].

(1) La cellulose même, qui forme la paroi des cellules végétales, est quelquefois dissoute.

(2) Il peut ainsi acquérir très rapidement un volume énorme aux dépens de plusieurs proies.

Quant à la dissolution directe de substances solides dans le plasma lui-même, nous en trouvons de nombreux exemples dans toutes les cellules animales ou végétales qui contiennent des granulations solides de réserve. Ces granulations sont pour ainsi dire en dehors du tourbillon normal de la vie élémentaire manifestée. Elles se dissolvent ou augmentent de volume suivant les besoins de la saturation du liquide dans lequel elles baignent et contribuent ainsi à régler la composition de ce liquide au moins quant à leur propre substance.

M. Balbiani a également décrit un phénomène du même genre chez des infusoires, des *Stentor*, par exemple, qui viennent de se conjuguer ; l'ancien noyau qui ne sert plus se dissout dans le plasma.

En résumé, nous avons rencontré chez les rhizopodes réticulés les formes les plus simples sous lesquelles puisse se présenter l'addition :

Addition au protoplasma de substance identique à lui (ajouter de l'eau dans de l'eau).

Addition au protoplasma de substance miscible avec lui, mais différente de lui (ajouter du vin à de l'eau).

Addition au protaplasma de substance solide soluble dans le protoplasma (ajouter du sucre à de l'eau).

Les deux dernières formes d'addition tendraient naturellement à modifier la composition du protoplasma si aucun phénomène ultérieur n'intervenait.

**Rhizopodes lobés ; amibes.** — Etudions maintenant les phénomènes d'addition chez des êtres un peu plus élevés en organisation, les rhizopodes lobés, les amibes par exemple[1].

Une amibe est composée d'une masse indivise de protoplasma contenant un noyau. Cette masse de protoplasma n'est plus homogène du centre à la périphérie ;

(1) On considère généralement les amibes comme les plus inférieurs des plastides ; il me semble que l'existence d'une forte tension superficielle les séparant de l'eau ambiante doit les faire placer au-dessus des rhizopodes réticulés.

sans nous préoccuper d'un organe spécial qui manquait chez les réticulés les plus inférieurs, la vacuole contractile, nous pouvons considérer l'amibe comme un sac dont la paroi serait constituée d'une substance liquide plus résistante, *plus séparée de l'eau*, et le contenu, d'une substance liquide plus fluide, moins séparée de l'eau. Dans la plupart des cas cette partie interne plus fluide est traversée par des trabécules de la substance formant la paroi, trabécules qui se bifurquent et s'anastomosent les uns aux autres de manière à constituer un réseau interne analogue au réseau externe des pseudopodes d'une gromie. Cette constitution n'est pas très facile à apercevoir, car si le liquide externe est fortement séparé de l'eau, il est beaucoup moins séparé du liquide interne et leurs réfrangibilités sont bien voisines. Quoi qu'il en soit, cela ne nous importe guère ici et, comme nous aurons à considérer l'amibe seulement au point de vue de ses échanges avec l'extérieur, nous ne nous occuperons que de la surface de séparation et nous parlerons toujours de l'amibe comme d'une masse homogène de substance liquide *séparée de l'eau par une forte tension superficielle*. Cette dernière particularité va suffire à nous faire concevoir la complexité beaucoup plus grande des phénomènes d'addition.

Rien ne peut donner une idée plus nette des formes qu'affecte une amibe rampant à la surface d'un corps solide, que la variation des contours d'une flaque d'eau déposée sur une table horizontale vernie et dans laquelle on détermine des courants avec le doigt. Les pseudopodes ou prolongements protoplasmiques de l'amibe sont toujours larges et obtus; on ne les voit jamais devenir grêles et allongés comme ceux d'un rhizopode réticulé. En outre, et ceci est explicable par la forte tension superficielle qui sépare le sarcode de l'eau, les divers pseudopodes qui rayonnent autour du corps d'une amibe n'arrivent jamais à se toucher par leur extrémité distale et ne se soudent jamais par cette extrémité

comme cela avait lieu dans la règle chez les réticulés. Pour qu'une telle soudure ait lieu chez une amibe, il faudra faire entrer en jeu une force capable de vaincre la résistance de cette forte tension superficielle.

**Naissance des pseudopodes**[1]. — Une autre conséquence de cette séparation énergique du protoplasma et de l'eau est que l'amibe ne touche pas les corps solides immergés ; quand elle arrive au voisinage de l'un d'eux, des phénomènes moléculaires d'attraction font qu'elle s'aplatit parallèlement à leur surface tout en restant à une petite distance d'eux ; la forme générale de son corps est alors différente de celle qu'elle affecte quand elle est libre dans le liquide, loin de toute paroi ; en effet, dans ces dernières conditions, la forte tension superficielle tend à donner à l'amibe une forme à peu près sphérique. Mais cet aplatissement au voisinage d'une paroi a un autre résultat ; il détermine une adhérence qui s'oppose aux mouvements dans une certaine mesure.

Supposons, sur le fond dressé d'un vase rempli d'eau, une petite sphère de verre et une mince plaque de verre du même poids ; l'attraction moléculaire entre le fond du vase et les deux objets s'effectuera seulement par une petite partie de la sphère, tandis qu'elle intéressera toute la plaque ; aussi de légers efforts, ceux qui proviennent d'un mouvement du liquide du vase par exemple, mettront-ils la sphère en mouvement tandis que la plaque restera immobile. Cette disposition va donc gêner les mouvements *généraux* de l'amibe, aussi, comme le corps n'est pas rigide, les causes qui déterminent en chaque point de la surface la naissance d'une force (réactions chimiques) (voyez p. 43) ne pouvant pas déplacer facilement l'ensemble du corps à cause de

(1) Tout ce paragraphe devrait être reporté au chapitre premier *Mouvement*. Je l'ai placé ici à cause des phénomènes de tension superficielle qu'il faut invoquer pour expliquer le mouvement amiboïde.

l'adhérence, provoqueront une déformation de son contour d'où l'apparition de pseudopodes et le déplacement lent par le mouvement appelé précisément amiboïde.

Ainsi, quand l'amibe est fixée à un corps solide les causes (chimiotropisme par exemple), qui donneraient un mouvement d'ensemble dans une direction déterminée à ce plastide suspendu librement dans l'eau, lui donnent dans les conditions d'adhérence, un mouvement amiboïde. Et en effet, quand l'amibe est suspendue librement dans l'eau elle ne se déforme pas, ce qui a fait dire à Bruno Hofer qu'il faut qu'elle soit adhérente à un corps solide, *pour pouvoir émettre des pseudopodes*. On considère en effet trop souvent la formation des pseudopodes comme un phénomène dû à une certaine impulsion provenant *de l'intérieur;* Bruno Hofer décrit l'amibe sécrétant une substance visqueuse (absolument hypothétique d'ailleurs) de façon à adhérer à un corps solide pour pouvoir émettre des pseudopodes et par conséquent se nourrir. Il faut se défier de ce qu'il y a de téléologique dans cette manière de s'exprimer. L'adhérence de l'amibe à son corps solide provient du peu de rigidité de sa surface qui lui permet de s'aplatir sous l'influence des attractions moléculaires, puis, cette adhérence déterminée, les causes qui tout à l'heure pouvaient déterminer un mouvement d'ensemble ne peuvent plus déterminer qu'un mouvement local, une déformation [1].

**Ingestion**. — Mais, si l'amibe ne peut pas toucher les parois du vase qui la contient, elle ne peut pas non

(1) L. Errera a donné une autre théorie du mouvement amiboïde en se basant sur les variations de la tension superficielle d'un liquide avec la température : « La tension superficielle d'un liquide diminue à mesure que la température s'élève, de sorte que si la surface n'a pas partout la même température, les parties froides et à forte tension tireront à elles les parties chaudes et à tension faible. (*Bull. Soc. Belg. microsc.*, 1887.) On ne voit pas d'où viendraient chez les amibes ces différences de température et comment s'expliquerait le chimiotactisme, etc.

plus être touchée par les corpuscules solides qui sont en suspension dans le milieu ambiant ; ces corpuscules ne peuvent pas adhérer à sa surface et pénétrer à son intérieur.

Rappelons-nous notre vase contenant de l'eau et du mercure ; si une force extérieure quelconque tend à faire pénétrer dans le mercure un corps étranger suspendu dans l'eau, nous savons que la force en question n'arrivera qu'à déprimer la membrane fictive de séparation ; le corps étranger pourra ainsi pénétrer dans un trou, dans une grotte creusée à la surface du mercure et pleine d'eau ; il ne pénétrera pas dans la substance du mercure, ne viendra pas en contact avec lui. Si le corps solide est assez petit et la force qui agit sur lui assez grande pour l'enfoncer profondément dans le mercure, la cavité pleine d'eau dans laquelle il est englobé pourra se fermer tout à fait ; la surface du mercure paraîtra unie à l'extérieur, mais il y aura, un peu au-dessous, une cavité close de toutes parts, et dans cette cavité *pleine d'eau* et entourée de mercure se trouvera le corps solide de tout à l'heure.

La forte densité du mercure fait entrer en jeu des forces gênantes pour la comparaison, et, d'ailleurs, son opacité s'oppose à ce que le phénomène que nous venons de décrire parle suffisamment au yeux. Prenons un nouvel exemple analogue pour fixer les idées. Imaginez, dans un verre, de l'eau et de l'huile séparées par une surface horizontale, et un corpuscule lourd mouillé par l'huile. Si ce corpuscule est assez lourd, il tendra à passer dans l'eau, il déprimera la surface de séparation et se trouvera dans une grotte creusée à la surface de l'eau et pleine d'huile (fig 4).

Si la pesanteur agit encore davantage, la grotte se fermera complètement ; le corps solide étranger sera inclus dans une goutte d'huile incluse elle-même dans l'eau ; *il ne sera pas directement plongé dans l'eau.* C'est une expérience que chacun peut faire en mouillant d'huile quelques grains de fine limaille métallique.

Notez bien que si nous avions eu une huile plus lourde que l'eau et que, sous l'effet de la pesanteur, notre corpuscule solide, mouillé par l'eau, eût été amené à passer de l'eau dans l'huile située au-dessous, il se serait trouvé, de la même façon, dans une goutte d'eau au milieu de l'huile. Et cela est vrai, d'une façon générale pour deux liquides quelconques séparés l'un de l'autre par une tension superficielle considérable.

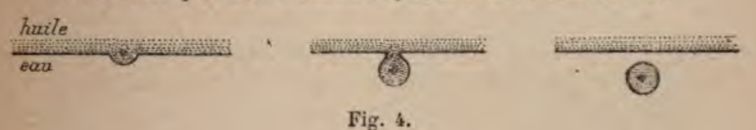



Fig. 4.

Cela est vrai en particulier pour notre amibe ; elle se déplace constamment dans l'eau, semblable à une goutte d'huile qui coulerait en se déformant à la surface d'un corps solide immergé quelconque. Quand elle arrive au voisinage d'un corpuscule solide, ce corpuscule ne peut pas la toucher, comme nous l'avons vu, mais, soit à cause du mouvement même de l'amibe, soit à cause d'une action moléculaire particulière qui se produirait entre le corpuscule et la surface de l'amibe, il se trouve là une force suffisante pour déprimer la membrane fictive de séparation et enfoncer vers l'intérieur du protoplasma le corpuscule mouillé par l'eau ; nous comprenons facilement maintenant comment il se fait que ce corpuscule, une fois qu'il a pénétré dans l'amibe, ne soit pas au contact de son protoplasma, mais bien dans une goutte d'eau au milieu de ce protoplasma ; il est, s'il est permis de s'exprimer ainsi, *à l'extérieur* du protoplasma, comme un homme, dans une cloche à plongeur, est à l'extérieur de l'eau de la mer.

Il n'y a pas eu *addition;* l'eau n'est pas miscible au protoplasma, et par conséquent, ni elle ni le corps solide qu'elle contient ne participent encore aux réactions de la vie élémentaire manifestée du protoplasma ; il y a eu *inclusion*, mais pas *addition*. Le mot *inclusion* pourrait très bien être conservé ici puisque le

phénomène est commun aux matières mortes et aux amibes ; le mot ingestion est employé à sa place et, en restreignant sa signification nous pouvons l'adopter pour nous conformer à l'habitude reçue, mais il faut le définir d'une façon précise : L'*ingestion* est le phénomène à la suite duquel un corps étranger se trouve amené dans une goutte d'eau incluse dans le protoplasma, dans une *vacuole* à contenu aqueux au milieu du protoplasma[1].

Ce phénomène de l'ingestion est nouveau pour nous ; nous ne l'avions pas rencontré chez les Rhizopodes Réticulés ; chez ces derniers animaux, un corps étranger primitivement mouillé par l'eau pénétrait dans le sarcode même ; chez l'amibe ce corps étranger baignant dans l'eau se trouve à un moment donné, tout en restant dans l'eau, environné de toutes parts par le protoplasma de l'amibe ; autrement dit, tout en restant extérieur au protoplasma, il se trouve dans une situation tout à fait spéciale par rapport à ce protoplasma.

On peut prévoir d'après tout ce qui précède que la nature d'un corps solide n'aura pas d'importance pour la possibilité de son ingestion pourvu que ses dimensions et sa densité n'y fassent pas mécaniquement obstacle ; c'est en effet ce que vérifie l'observation[2]; des corpuscules absolument dépourvus de valeur nutritive peuvent être ingérés si leur forme et leur dimension le permettent ; d'autres au contraire, qui seraient nutritifs, ne peuvent l'être à cause de leur trop grande taille. Il était intéressant de le vérifier, car bien des naturalistes voyant

(1) Le mot ingestion est surtout employé pour les protozoaires ; il s'applique à quelques groupes d'entre eux et à ces animaux seulement si on lui donne la signification précise qui ressort de notre définition ; mais il faut bien se garder de l'employer pour l'homme, par exemple, où le mot aurait une signification différente ; c'est à cause de cette erreur possible qu'il eût été préférable d'adopter le mot inclusion ou envacuolement.

(2) Mais il est certain que dans le phénomène de l'ingestion, quand il porte sur des corps qui ne sont pas insolubles, il faut aussi faire intervenir une certaine part d'influence chimiotactique.

dans l'acte de l'ingestion un acte *voulu* par l'amibe se sont demandé si elle savait faire un choix dans les substances utiles et nuisibles.

**Propriétés de la vacuole.** — Quelle va être sa conséquence de cette situation très spéciale du corps étranger dans une vacuole à contenu aqueux ? Nous allons assister à un phénomène très général et qui sera toujours le même quelle que soit la nature du corps ingéré, car il tient seulement aux propriétés même de cette vacuole de dimensions très petites.

D'abord la pression est très grande à l'intérieur de cette vacuole par le fait même de la tension superficielle. On démontre en physique que la pression déterminée par une membrane élastique de forme sphérique est donnée par la formule :

$$p = \frac{2a}{r}$$

$r$ étant le rayon de la sphère et $a$ un coefficient qui dans le cas dont nous nous occupons est précisément la mesure de la tension superficielle limitant la vacuole. Le rayon $r$ est au grand maximum de 3 ou 4 $\mu$ ; la pression $p$ sera donc, rapportée au centimètre carré :

$$p = \frac{2a}{0,0004} = a \times 5000$$

quantité très grande si $a$ est considérable comme dans le cas qui nous occupe.

Cette pression explique ce qui se passe lorsque les déformations du corps ramènent au voisinage de la surface de l'amibe une vacuole qui vient de se former ; elle se rompt brusquement et projette à l'extérieur le corps qu'elle contenait. Le calcul précédant nous montre aussi l'importance des actions moléculaires dans une vacuole aussi petite, et nous ne nous étonnerons pas d'y trouver cette diffusibilité extrêmement rapide que met en évidence l'observation suivante : Lorsque le

corps ingéré est un fragment d'oscillaire, algue dans laquelle un pigment bleu, la phycocyanine, est surajouté à la chlorophylle, ce pigment se répand *très rapidement* dans la vacuole, *beaucoup* plus rapidement qu'il ne le ferait dans de l'eau dans des conditions normales, et la vacuole devient bleue en un instant pendant que l'oscillaire, naguère vert bleu devient verte. Les conditions de diffusibilité sont donc très spéciales dans cette vacuole de dimension très petite.

**Diffusion vers la vacuole.** — Le protoplasma est défini par M. Van Tieghem : « Un *mélange* avec l'eau d'un plus ou moins grand nombre de principes immédiats différents en voie de transformation continuelle[1]. » Il faut bien entendre que cette définition s'applique à la substance constituante du corps d'un plastide à l'état d'activité, et il est peut-être dangereux de dire que c'est la définition du *protoplasma ;* le protoplasma d'un plastide est une substance définie ou un assemblage de substances définies, et le plastide, à l'état d'activité, est le siège de réactions multiples entre le protoplasma lui-même, l'eau et plusieurs substances contenues dans l'eau ; on trouve le *mélange* de tout cela dans la substance constituante du plastide à l'état d'activité. Eh bien, parmi les substances qui constituent ce mélange sur lequel j'insisterai longuement ailleurs, plusieurs sont rapidement diffusibles dans l'eau, d'autres sont susceptibles d'être dédoublées par dialyse[2]. Mais nous venons de voir que la vacuole creusée à l'intérieur de ce mélange présente des conditions de diffusibilité très spéciales : son contenu va donc se charger rapidement des substances diffusibles qui l'entourent. En outre, comme il y a séparation effective du contenu de la vacuole et du milieu où elle est creusée, il pourra y avoir non seulement diffusion vers son intérieur, mais

(1) Voyez plus loin page 117.

(2) Il n'y a même probablement que dialyse et non diffusion proprement dite.

décomposition des substances faciles à décomposer par dialyse. C'est ce que constate l'expérience.

On sait que, d'une façon générale, une substance saline soumise à la dialyse laisse passer son acide plus vite que sa base ; il y a donc lieu de prévoir que, s'il se produit des décompositions par dialyse, le contenu de la vacuole devra devenir petit à petit plus acide que ne l'est le milieu où elle est creusée ; c'est précisément ce qui arrive, et les réactifs colorants sensibles permettent de montrer qu'au bout d'un certain temps le contenu de la vacuole, légèrement alcalin au début, est devenu d'une acidité marquée, quoique le milieu qui l'entoure soit légèrement alcalin.

L'acidité du liquide vacuolaire a une grande importance. Krükenberg a montré en effet que l'on peut extraire de la pepsine de certains protoplasmas (les protoplasmas de myxomycètes par exemple, qu'il est facile de se procurer en très grande abondance) ; mais il considérait cette pepsine comme devant rester inactive parce qu'elle était dans un milieu alcalin, et l'on sait que la pepsine ne peut dissoudre les albuminoïdes qu'en solution acide. Eh bien, dans notre vacuole, le liquide complexe qui résultera au bout de quelque temps de l'ensemble des diffusions et des dialyses produites, sera précisément acide et s'il contient de la pepsine provenant du milieu ambiant il sera capable de dissoudre des substances albuminoïdes. Or la dissolution dans les vacuoles des amibes de corps d'infusoires morts, de particules d'albumine coagulée,.... etc., a été constatée par expérience ; il est donc probable qu'il se rencontre de la pepsine dans le contenu de cette vacuole au bout d'un certain temps.

Convient-il d'appeler *sécrétion* cette variation dans la composition du contenu vacuolaire ? N'y a-t-il pas plutôt un abus dangereux et inutile dans l'emploi de ce terme ?

Nous sommes habitués à considérer la sécrétion comme une opération dans laquelle le corps qui secrète

intervient activement. Dans l'estomac d'un homme, la production du suc digestif acide n'est pas la conséquence de ce seul fait que la cavité stomacale *existe* entre les cellules sécrétantes ; nous savons que la production de ce suc acide et son émission dans l'estomac sont sous la dépendance d'un influx nerveux particulier qui détermine l'activité propre des cellules sécrétantes. Ici nous sommes en présence d'un cas très différent ; la présence d'une vacuole à contenu aqueux dans le protoplasma *suffit* à provoquer tous les phénomènes que nous constatons ; la vacuole de petites dimensions, douée de propriétés diffusives spéciales, *draine* pour ainsi dire à son profit le protoplasma ambiant qui se laisse dépouiller *passivement*, par diffusion ou dialyse, de ses produits diffusibles et dialysables. Nous constaterons une activité *propre* du plastide dans le maintien de la constance des propriétés générales du protoplasma malgré ses pertes par diffusion ; ce sera le phénomène d'assimilation auquel nous arriverons dans la deuxième approximation ; quant au phénomène de diffusion lui-même, phénomène où le sarcode n'intervient que passivement, nous ne pouvons pas lui appliquer le terme de sécrétion. Si nous le faisions nous serions amenés fatalement à considérer cet acte comme déterminé par une impulsion partie du plastide (comparaison instinctive avec l'homme), nous arriverions à nous demander si le noyau a une influence sur la sécrétion, à rechercher comme M. Greenwood : « si la présence d'un corps solide *quelconque* dans la vacuole détermine la *sécrétion*, si cette sécrétion est la même, que le corps existant dans la vacuole soit nutritif ou indigeste... etc. » Les résultats expérimentaux, en répondant affirmativement à toutes ces questions ont permis de conclure qu'elles ne se posent pas [1], qu'il n'y a pas sécrétion, mais bien un phénomène devant être attribué à l'*activité physique propre*, aux propriétés physiques spéciales,

(1) Ou plutôt qu'elles ne se posent que par suite d'une erreur anthropomorphique.

d'une goutte d'eau de dimensions très exiguës placée dans un protoplasma dont elle est séparée par une forte tension superficielle.

**Digestion.** — Au bout de quelque temps d'existence, la vacuole contient un liquide complexe à réaction acide ; l'observation au microscope nous apprend que beaucoup de substances sont solubles dans ce liquide ; cela est vrai, par exemple, pour des corps d'infusoires, des particules d'albumine coagulée... etc.

Voilà un phénomène que nous devons considérer comme une *digestion*, puisque c'est, exactement comme chez l'homme, une dissolution effectuée *en dehors de l'organisme* par des liquides qui proviennent de l'organisme. La digestion est d'ailleurs un phénomène purement chimique.

Dans le cas le plus général, le corps solide ingéré contiendra des parties solubles et des parties insolubles dans le liquide vacuolaire ; les parties solubles seront dissoutes, *digérées ;* les autres resteront intactes. Si le corps ingéré est, par exemple, une cellule végétale à paroi cellulosique ou imprégnée de silice comme chez les diatomées, la paroi cellulaire insoluble laissera passer le dissolvant qui viendra digérer le protoplasma végétal intérieur. Ce protoplasma, naguère non miscible à l'eau, pourra maintenant, ainsi dissous, traverser la paroi cellulaire et diffuser dans la vacuole.

Voilà une cause nouvelle de complexité pour le liquide vacuolaire qui va contenir ainsi, outre l'eau initiale, des produits diffusés du protoplasma ambiant et des produits de la solution des corps étrangers ingérés.

C'est à cet ensemble de modifications chimiques qu'il faut attribuer les modifications physiques constatables au microscope ; la vacuole devient moins distincte parce que sa réfrangibilité devient plus voisine de celle du protoplasma ambiant ; en même temps, elle est *moins séparée* de ce protoplasma, c'est-à-dire que la tension

superficielle qui existe entre elle et lui est de moins en moins énergique, ce que l'on remarque à la très notable diminution de la pression intra-vacuolaire.

**Diffusion vers le protoplasma ; Addition.** — Un résultat immédiat de cet amoindrissement de tension superficielle est de faciliter la diffusion, de la vacuole vers le protoplasma. La diffusion est caractérisée d'une manière générale par une tendance à la distribution homogène des substances entre deux liquides contigus ; il y a au bout d'un certain temps établissement d'équilibre.

Or, au début, le contenu *liquide* de la vacuole était de l'eau du milieu ; il ne pouvait donc que gagner, que se charger de principes nouveaux provenant de la substance ambiante ; mais grâce à l'acquisition de ces principes nouveaux, ce contenu liquide est devenu un dissolvant pour une partie au moins des corps ingérés ; la vacuole va donc contenir désormais, à l'*état liquide*, des substances qui ne proviennent pas du protoplasma ambiant et une nouvelle diffusion sera nécessaire à l'équilibre, mais cette fois elle aura lieu aux dépens de la vacuole et au profit du protoplasma.

Voilà enfin le phénomène d'*addition;* il est bien évident que, lorsqu'un infusoire, par exemple, s'est dissous dans le liquide vacuolaire, les produits résultants peuvent, par diffusion vers le protoplasma de l'amibe, réparer dans une certaine mesure les pertes de substances dues aux combustions de la vie élémentaire ; c'est donc une véritable addition.

Si le mot *absorption* n'avait pas déjà en physiologie une signification très spéciale[1], il s'appliquerait fort

(1) Absorption, chez l'homme, veut dire : passage dans le milieu de l'organisme, *entre* les éléments histologiques, des produits de la digestion, et non passage direct dans le protoplasma des éléments histologiques ; l'absorption n'est donc pas encore l'addition de substance nouvelle au protoplasma, tandis que, chez les amibes, la diffusion vers le protoplasma est une véritable addition. (V. ch. XIX, *Milieu intérieur.*)

bien ici dans son sens étymologique, d'autant plus qu'il est employé dans le même sens pour les substances mortes. Nous conserverons le mot *diffusion ;* il a l'avantage de dire par lui-même que le premier phénomène, « diffusion vers la vacuole » et le second, « diffusion vers le protoplasma », ont pour résultat, comme toujours les phénomènes de diffusion entre deux fluides juxtaposés, d'établir l'équilibre entre le protoplasma et le liquide vacuolaire. Quand l'équilibre sera obtenu, le contenu de la vacuole ne pourra plus rien emprunter ni rien prêter au protoplasma ambiant ; ce sera un corps inerte qui sera rejeté un peu plus tard.

En résumé, l'*addition*, chez l'Amibe, s'opère par un procédé très complexe que l'on peut diviser en plusieurs temps :

1° *Ingestion* ou *envacuolement* (c'est-à-dire, formation d'une vacuole à contenu aqueux);

2° *Diffusion vers la vacuole* dont le contenu aqueux devient acide et acquiert des propriétés dissolvantes spéciales ;

3° Dissolution des ingesta dans la vacuole (*Digestion*);

4° *Diffusion vers le protoplasma* jusqu'à ce que l'équilibre d'échanges soit réalisé ; c'est l'addition immédiate.

Nous pouvons remarquer en passant, que, chez l'amibe, l'addition de *substances liquides* au protoplasma est la seule qui puisse avoir lieu. Nous n'y constatons jamais l'addition directe d'un corps solide ou d'un protoplasma complet, comme nous l'avons vu avec tant d'évidence chez les réticulés.

Il est inutile, pour la suite de cette étude, que je m'appesantisse sur l'addition chez les infusoires ciliés ; à part l'ingestion qui est d'un mécanisme plus compliqué, tout les autres phénomènes sont identiques chez ces êtres à ceux que nous avons suivis chez les amibes. D'ailleurs, nous ne rencontrerons jamais, chez les êtres polyplastidaires dont l'étude est notre but, un élément

anatomique d'une complexité comparable à celle des infusoires ciliés[1].

Chez tous les protozoaires que nous avons passés en revue, l'addition peut avoir lieu aux dépens de corps solides qui, chez les réticulés, pénètrent directement dans le sarcode, mais sont seulement chez les autres introduits dans une vacuole aqueuse au milieu du plasma.

Des phénomènes semblables d'ingestion de corpuscules solides étrangers se rencontrent dans quelques plastides spéciaux faisant partie de l'organisme des métazoaires, c'est-à-dire, de ces êtres composés d'associations de cellules différenciées et dont l'homme est le plus élevé en organisation ; n'en citons qu'un exemple devenu célèbre depuis les travaux de M. Metchnikoff, les phagocytes ou globules blancs migrateurs. Mais chez les métazoaires, c'est le plus souvent par un autre procédé que s'effectue la nutrition générale de l'animal.

**Plastides parasites et végétaux**. — Certains protozoaires sont *complètement* entourés d'une couche résistante ininterrompue qui s'oppose à la pénétration des corpuscules solides à l'intérieur de leur protoplasma ; c'est seulement par osmose à travers leur membrane que peut se faire l'addition. Ces protozoaires sont parasites internes ou externes d'êtres plus élevés en organisation ; chacun d'eux a un habitat spécial qui peut varier très peu dans certains cas, pas du tout dans d'autres. Les opalines vivent dans le tube digestif postérieur des grenouilles, les grégarines, le plus souvent dans le tube digestif d'arthropodes dont l'espèce est déterminée pour chaque espèce de grégarine. Le milieu est relativement fixe, pour ces êtres, car la nourriture de leurs hôtes étant à peu près toujours la même, le contenu du tube digestif doit également peu varier.

(1) J'ai décrit les phénomènes d'ingestion chez les infusoires ciliés dans « La matière vivante ». Encyclopédie Léauté.

D'autres protozoaires ont un habitat bien plus spécial ; telle coccidie par exemple ne peut vivre que dans tel tissu de telle espèce animale, à l'*intérieur* des cellules, dans le protoplasma, c'est-à-dire dans un milieu de composition tout à fait constante [1]. L'addition osmotique qui se produit chez ces coccidies est peut-être entièrement simple ; il est probable dans tous les cas qu'elle est moins complexe que celle dont nous allons parler pour les cellules végétales, puisque la coccidie ne peut pas vivre en dehors de son milieu très spécial.

Au contraire, pour les plastides végétaux, le milieu nécessaire à la vie est en général moins déterminé, mais le plastide lui-même a, dans beaucoup de cas, la propriété de modifier son milieu avant que le phénomène d'addition se produise.

Dans tous les cas que nous avons étudiés, d'addition faite à des plastides animaux aux dépens de corps solides, nous avons vu presque toujours que ces corps solides étaient du protoplasma ou des substances d'origine protoplasmique. Nous trouvons au contraire dans un grand nombre de plastides végétaux la faculté de s'additionner de substances empruntées directement au règne minéral : le travail de synthèse qui devra s'opérer dans la cellule sera plus considérable. Une partie du travail préparatoire est cependant effectué en dehors de la cellule comme nous l'avons dit plus haut.

C'est ainsi que l'on a constaté la sortie, par diffusion, de certaines levures, de diastases spéciales modifiant profondément le moût dans lequel on les cultive ; mais alors nous trouvons dans le phénomène d'addition les temps suivants :

1° Diffusion vers l'intérieur ;

2° Modification chimique du milieu (digestion) ;

(1) La composition du milieu que la coccidie trouve dans la cellule hôte est toujours la même, *au début* de l'évolution de ce sporozoaire ; elle varie ensuite par l'influence même de la vie élémentaire manifestée du parasite et ce sont ces variations qui déterminent l'évolution remarquable de ce dernier. (Voyez *Evolution en milieu limité*, ch. XIII.)

3° Diffusion vers l'intérieur de la levure ou addition. Et comme le moût est très différent du protoplasma de la levure, il faudra ensuite une assimilation, phénomène auquel nous arriverons tout à l'heure.

On voit que cette série d'opérations est absolument comparable à celle que nous avons constatée chez les amibes, puisque dans ces êtres, la vacuole doit être considérée comme extérieure au protoplasma.

Chez tous les métazoaires supérieurs, cela reviendra au même, en fin de compte, avec une complication de plus, la division du travail entre les cellules différenciées qui composent l'organisme.

Les aliments seront placés par l'acte de la préhension suivi de plusieurs autres, dans des cavités spéciales (estomac, intestin) *extérieurs* à l'organisme. Certaines cellules distribuées dans la paroi de ces cavités y *sécréteront activement*, sous l'influence d'une excitation spéciale provenant des cellules nerveuses, des sucs digestifs ; il y aura *digestion* à l'extérieur de l'organisme. Puis, par le mécanisme de l'absorption, les produits de cette disgestion seront ajoutés au milieu liquide dans lequel baignent les divers éléments histologiques ; ces cellules se nourriront enfin par osmose aux dépens de ce liquide élaboré, comme les opalines le font dans le rectum d'une grenouille ; l'*addition* aura lieu au niveau de chaque cellule.

N'insistons pas davantage sur ces questions qui sont exposées avec détail dans tous les traités de physiologie. Nous devons seulement retenir de cette étude que, sauf le nombre assez restreint de cas où l'addition directe peut avoir lieu comme chez les rhizopodes réticulés, l'addition ne se produit que par diffusion, par osmose. Que cette diffusion se produise entre le protoplasma et une vacuole creusée dans son sein ou entre le protoplasma et un milieu élaboré extérieur, cela revient absolument au même, puisque nous avons vu qu'on doit considérer le contenu de la vacuole comme extérieur au protoplasma.

# CHAPITRE IV

## MÉROTOMIE

Avec ses éléments constitutifs différents, protoplasma et noyau, placés l'un par rapport à l'autre d'une certaine manière, un plastide peut faire l'effet d'une machine montée qui ne fonctionne que grâce à l'agencement spécial de ses parties.

En réalité, tous les phénomènes que nous venons d'étudier, mouvement et addition, étaient des phénomènes protoplasmiques, c'est-à-dire qu'ils se passaient dans le protoplasma. Ces phénomènes peuvent-ils être considérés comme des manifestations de propriétés du protoplasma de l'espèce considérée ? Pour que nous puissions l'affirmer, nous devons démontrer qu'un morceau quelconque du protoplasma du plastide possède ces propriétés, c'est-à-dire, peut manifester ces phénomènes, quand il est, dans les conditions normales où le plastide vivait, séparé du reste de ce plastide. Si nous constatons cela nous pouvons affirmer que le mouvement et l'addition ne sont pas les résultats du fonctionnement d'une machine montée, mais bien des manifestations de propriétés chimiques du protoplasma du plastide. Or c'est précisément ce que nous apprennent les expériences de mérotomie *au cours d'une observation de courte durée.*

Ces expériences consistent en ceci : couper un plastide en deux parties dont l'une contient le noyau et étudier chacune de ces parties au point de vue de toutes les manifestations de la vie élémentaire.

Adressons-nous d'abord comme toujours aux plastides les moins différenciés, aux rhizopodes réticulés. Cou-

pons, d'un trait de scalpel, une partie aussi importante que nous voudrons du réseau étalé des pseudopodes d'une gromie. Cette opération ne nuira en rien à l'animal lui-même qui, après s'être rétracté dans sa coque, étalera de nouveau au bout de quelque temps ses pseudopodes anastomosés ; ce sera seulement une gromie ayant un peu moins de protoplasma ; la perte se réparera peu à peu par des additions suivies d'assimilation.

Mais considérons la partie détachée ; elle se contractera d'abord en une masse sphéroïdale, ou plutôt discoïdale, car elle est aplatie sur le porte-objet ; cette contraction peut être attribuée à une rupture brusque de l'équilibre : en effet l'équilibre mobile de la vie élémentaire manifestée existait dans la région du réseau que nous avons séparée, par suite d'échanges avec le milieu d'une part, avec le reste du protoplasma d'autre part (courants protoplasmiques) ; nous avons supprimé brusquement les derniers, nous avons donc rompu l'équilibre, et il faut quelque temps pour qu'un nouvel équilibre se rétablisse.

Les conditions extérieures n'ont pas changé ; le protoplasma de la masse isolée se trouve donc toujours dans l'état normal de vie élémentaire manifestée ; il adhère naturellement au support sur lequel il est aplati, et les diverses réactions qui se produisent à sa surface entre le milieu et lui, ne pouvant pas produire de mouvements d'ensemble, déterminent des déformations qui petit à petit redonnent à la masse l'apparence d'une portion de réseau de gromie, état d'équilibre mobile obtenu de nouveau. A ce moment un observateur non prévenu ne pourrait pas se douter que le réseau qu'il observe ne fait pas partie d'une gromie entière. La tension superficielle au contact de l'eau étant très faible, les corps étrangers en suspension dans l'eau adhèrent à la surface du réseau quand le hasard les y amène et pénètrent naturellement dans une varice protoplasmique. Tous les phénomènes d'addition directe se

produisent naturellement comme dans un réseau de gromie entière.

Il semble donc, somme toute, que, *pendant les premiers temps qui suivent la mérotomie*, aucune particularité ne nous permette de distinguer la masse isolée de ce qu'elle était avant la séparation.

Pour nous assurer d'une manière générale de ce fait très intéressant, passons en revue, successivement, les divers phénomènes de la vie élémentaire que nous connaissons déjà, et voyons s'ils sont les mêmes, pour les diverses espèces des protozoaires, chez les plastides complets et chez des masses protoplasmiques séparées par mérotomie de ces plastides complets, pendant une observation de courte durée.

**Respiration.** — Une des conditions importantes de l'équilibre mobile de la vie élémentaire est la présence d'oxygène, nous l'avons vu plus haut, il est en général impossible de supprimer cet agent sans déterminer une destruction brusque du plastide ; cependant M. Verworn a pu arrêter les mouvements de rhizopodes par la soustraction d'oxygène et leur rendre le mouvement par reddition d'oxygène (voyez p. 48). Une expérience du même auteur prouve que l'oxygène joue le même rôle dans l'équilibre des mérozoïtes dépourvus de noyau que dans celui des plastides nucléés. Des morceaux de *Bursaria Truncatella* (infusoire cilié) peuvent en général continuer de se mouvoir un grand nombre d'heures quoique ne contenant pas de noyau ; si on leur supprime l'oxygène, le mouvement ciliaire continue six à sept minutes puis se ralentit et devient brusquement irrégulier ; la désorganisation des fragments arrive presque aussitôt.

Des plastides nucléés de la même espèce, traités de la même façon, subissent exactement le même sort, ce qui prouve que l'oxygène intervient de la même manière dans l'équilibre mobile de ces plastides pourvus ou dépourvus de noyau.

Cette désorganisation rapide des plastides en l'absence de l'oxygène a fait dire que le protoplasma a besoin d'oxygène pour sa conservation. Il serait plus juste de dire que nous ne savons pas toujours faire passer artificiellement un plastide de l'état d'activité à l'état de repos chimique (voyez plus bas p. 117) et que, lorsque nous supprimons un des facteurs de l'équilibre sans supprimer les autres, cette intervention brutale a en général pour résultat de détruire le protoplasma [1]. L'expérience de Verworn sur les rhizopodes a prouvé qu'il peut n'en être pas toujours ainsi et d'ailleurs nous savons que les spores peuvent se conserver assez longtemps à l'abri de l'oxygène.

**Mouvements.** — Tous les auteurs qui ont fait des expériences de mérotomie sur diverses espèces de plastides sont d'accord pour affirmer que les mouvements des mérozoïtes [2] dépourvus de noyau sont, pendant quelque temps au moins, identiques à ceux des plastides nucléés ; tous sont également d'accord pour signaler immédiatement après l'opération de la mérotomie, un stade d'*excitation :* « Tous les fragments sans noyau, jusqu'aux plus petits, après avoir passé par un stade d'excitation, conséquence immédiate de la lésion, stade qui se traduit chez les rhizopodes par une contraction, chez les ciliés par une accélération des mouvements ciliaires, *exécutent exactement les mêmes mouvements* que ceux qu'ils exécutaient lorsqu'ils faisaient encore partie de l'animal intact. » (Verworn.)

Arrêtons-nous un instant à ce stade d'*excitation* des auteurs. Considérons une sphérule d'huile en suspen-

(1) L'oxygène est un facteur absolument indispensable de la vie élémentaire *manifestée* de tous les plastides connus jusqu'ici, mais aucune considération théorique ne peut faire affirmer que cela soit vrai pour tous les plastides possibles.

(2) M. Balbiani appelle mérozoïte toute partie détachée par mérotomie d'un être monoplastidaire quelconque. Le mérozoïte nucléé est celui qui contient le noyau du plastide.

sion dans un liquide de même densité et coupons la sphérule en deux ; chacune des deux parties prend *très vite* une forme d'équilibre en rapport avec son nouveau volume, et cette forme d'équilibre est également sphérique. C'est qu'ici nous avons affaire à un équilibre statique ; il n'y a pas d'échanges entre la goutte d'huile et son milieu ; les conditions d'équilibre ne sont pas complexes.

Considérons au contraire un infusoire cilié par exemple ; nous remarquons en l'observant qu'il y a un certain équilibre mobile entre les mouvements des cils, le mouvement général du corps, la forme générale du corps, les échanges chimiques avec le milieu ; tous ces phénomènes sont établis et dépendent les uns des autres.

Coupons le plastide en deux, la coordination est rompue, nous avons supprimé brusquement l'action d'une des moitiés sur l'autre moitié ; la relation du mouvement des cils avec le mouvement général d'une partie d'infusoire plus petite et de forme différente est rompue aussi ; il faut qu'un nouvel équilibre mobile s'établisse en rapport avec les nouvelles conditions ; c'est pendant que s'établit ce nouvel équilibre qu'on constate dans les mouvements des mérozoïtes nucléés ou non « quelque chose de désordonné qui contraste avec les allures calmes et posées des individus normaux » (Balbiani). Mais, au bout d'un instant, le nouvel équilibre étant obtenu, on constate qu'il n'y a aucune différence entre les mouvements des mérozoïtes dépourvus de noyau et le mouvement des plastides nucléés, et cela dure tant que la désorganisation ne commence pas (v. p. 90). C'est une démonstration rigoureuse de l'absence de toute influence du noyau sur les mouvements, résultat que l'on devait prévoir, si l'on admettait que les mouvements ne *pouvaient* mécaniquement avoir d'autre cause que les échanges et les réactions ayant lieu au niveau de la *surface* du plastide, comme nous l'avons admis plus haut.



Une très intéressante série d'expériences de M. Verworn a montré que les mérozoïtes dépourvus de noyau appartenant aux espèces chimiotropiques, thermotropiques..., etc., manifestent la même attraction, la même orientation par les agents correspondants que les plastides nucléés d'où ils dérivent, ce qui s'accorde parfaitement avec la manière dont nous avons compris ces diverses actions (v. p. 43) et prouve qu'elles sont toutes des manifestions de propriétés *spécifiques* des protoplasmas correspondants. On n'a pas pu vérifier le même fait pour le phototropisme, car les espèces qui sont phototactiques sont trop petites pour être soumises aux expériences de mérotomie [1] (bactéries, flagellés, etc.).

**Addition.** — Chez les rhizopodes réticulés les plus simples, de même que chez les rhizopodes réticulés les plus compliqués (radiolaires), la possibilité de l'addition dépend seulement de la valeur de la tension superficielle ; cette valeur étant très petite au début, il y a addition dans les mérozoïtes dépourvus de noyau, aussi bien que dans les plastides nucléés. Nous savons que les corps étrangers, ajoutés au protoplasma, baignent directement dans ce protoplasma ; ils s'y dissolvent s'ils y sont solubles, mais comme la composition chimique du protoplasma dépourvu de noyau varie assez rapidement (voyez 2e approximation) à cause de l'absence d'assimilation, la dissolution commencée peut ne pas se terminer et c'est ainsi que tel corps qui subit dans le plastide complet une dissolution totale reste quelquefois à demi dissous dans le mérozoïte dépourvu de noyau.

Je reviendrai sur cette question dans le livre II ; je renvoie aussi à ce même endroit l'étude de l'addition

(1) Je n'ai pas parlé, à propos de l'étude des mouvements, de celui de la vacuole contractile, parce que cet organe n'existe ni chez les rhizopodes réticulés inférieurs, ni dans la plupart des éléments histologiques des métazoaires ; qu'il me suffise de dire que son mouvement aussi reste le même dans les mérozoïtes dépourvus de noyau.

dans les mérozoïtes sans noyau des rhizopodes lobés et des infusoires ciliés, car il est impossible de se faire comprendre en séparant, pour ces corps, l'étude de l'addition au moyen d'observations de courte et de longue durée [1]. Mais on verra à ce moment, ce que j'affirme dès maintenant sans le démontrer, que les phénomènes d'addition, comme les phénomènes de mouvement, sont uniquement des manifestations de propriétés spécifiques du protoplasma des plastides.

En résumé, pour tous les phénomènes que l'*observation de courte durée* nous permet de constater chez les êtres monoplastidaires, le noyau semble inerte au sein du protoplasma actif.

Un plastide se meut sous l'influence de réactions qui se passent *à sa surface*, entre sa substance et le milieu un corps placé *dans son intérieur* ne doit avoir aucune action sur ce mouvement : les expériences de mérotomie nous ont prouvé que le noyau n'influe en rien sur la nature des mouvements.

L'addition dépend de la nature de la surface de séparation du plastide et du milieu : le noyau n'influe en rien sur les phénomènes d'addition.

La production d'un suc digestif dépend de la nature d'une vacuole creusée dans le protoplasma ; le noyau n'influe en rien sur le *mécanisme* de cette production, etc.

D'une manière générale, les phénomènes de la vie élémentaire que permet de constater une observation de courte durée sont les manifestations de *propriétés du protoplasma des plastides*, et en effet, l'observation de courte durée ne permet de constater que l'existence des phénomènes intraprotoplasmiques.

(1) Somme toute, l'étude complète des phénomènes d'addition ne peut se faire au moyen d'une observation de courte durée.

---

# CHAPITRE V

## CONCLUSIONS DU LIVRE PREMIER

Pour arriver à définir la vie élémentaire, nous cherchions un caractère commun à tous les plastides vivants et qui les distinguât, d'une manière absolue, des corps bruts.

Pouvons-nous tirer ce caractère de la composition chimique ? Nous ne la connaissons pas.

De la structure histologique ? Elle est la même après que les plastides ont été tués par certains réactifs et n'est donc pas caractéristique des plastides *vivants*.

Du mouvement ? Il est différent dans les espèces différentes, nul chez quelques-unes.

De l'addition de substances nouvelles à la masse du plastide ? Elle se fait de manières très diverses et des corps bruts peuvent y être sujets.

Des réactions chimiques qui ont lieu entre le plastide et le milieu pendant une observation de courte durée ? Elles varient avec chaque espèce. Il y a bien une réaction commune à tous, c'est l'oxydation (respiration) aux dépens d'oxygène libre ou combiné d'une manière plus ou moins stable ; mais beaucoup de corps bruts sont oxydables dans les mêmes conditions.

Claude Bernard dit que le protoplasma de tous les plastides est doué d'*irritabilité*, et il définit l'irritabilité : « la propriété que possède tout élément anatomique (c'est-à-dire le protoplasma qui entre dans sa constitution) d'être mis en activité et de réagir d'une certaine manière sous l'influence des excitants extérieurs. » Est-ce là quelque chose de particulier aux corps vivants ? Un ressort d'acier *réagit* sous l'influence d'un

choc, tout autrement qu'une lame de plomb. Un choc détermine, dans un corps explosif, des réactions chimiques accompagnées de phénomènes physiques (chaleur, lumière, etc.); un mélange de chlore et d'hydrogène détone dès qu'il est exposé aux rayons du soleil, etc. Que les corps vivants soient particulièrement sensibles à des actions physiques ou chimiques d'une faible intensité, c'est là une propriété qui appartient également aux composés chimiques très instables et aux substances très élastiques[1].

L'observation de courte durée ne nous permet donc pas de découvrir un seul caractère commun à tous les plastides vivants et à eux seuls ; il ne faut pas nous en étonner puisqu'elle ne nous permet pas toujours d'affirmer qu'un plastide d'une espèce normalement immobile, par exemple, est vivant ou mort.

Mais, cette étude, faite avec soin, nous donne néanmoins un renseignement précieux; elle nous montre que, parmi les phénomènes observables *à un moment donné* dans un plastide vivant, il n'y en a aucun qui ne se rapporte à la physique et à la chimie des corps bruts. Ce résultat est intéressant à cause des idées préconçues dont se débarrasse difficilement un observateur tenté de trouver dans un plastide mobile toutes les propriétés d'un animal supérieur.



Les expériences de mérotomie nous ont appris en outre quelque chose de très intéressant, savoir, que le protoplasma jouit par lui-même de *toutes* les propriétés dont les phénomènes *vitaux* du plastide sont les manifestations, au cours d'une observation rapide, dans des conditions convenables de milieu. En d'autres termes, tout ce qui nous fait *reconnaître l'espèce* d'un plastide au cours d'une observation rapide, est la manifestation de propriétés du protoplasma de ce plastide ; je reviendrai plus loin sur la forme même du plastide qui est

(1) Je reviendrai, dans la seconde approximation, sur la notion d'irritabilité.

aussi une propriété de son protoplasma (v. p. 146). Nous pouvons donc conclure dès maintenant que la composition chimique du protoplasma d'un plastide, expliquant toutes les propriétés de ce protoplasma, caractérise l'espèce du plastide considéré.

Si nous ne nous défions pas des pièges du langage, nous sommes donc amenés à dire ceci : *les protoplasmas vivent, puisque leurs réactions dans des conditions définies, sont précisément celles qui déterminent les phénomènes appelés par nous phénomènes vitaux des plastides correspondants* [1]. Mais dans l'état d'ignorance où nous nous trouvons encore à la fin de cette première approximation, dans l'impossibilité, où elle nous laisse, de définir la vie élémentaire, il serait très dangereux d'affirmer ce qui est énoncé dans la phrase précédente. Attendons que la seconde approximation nous ait permis de définir la vie élémentaire d'une manière précise, pour voir si cette propriété, *ainsi définie*, appartient aux protoplasmas. Tous les phénomènes vitaux que nous avons suivis pendant une observation de courte durée sont bien *des* phénomènes de la vie élémentaire des plastides, seulement, *n'y en a-t-il pas d'autres*, aussi importants au moins, et que l'observation de courte durée ne peut mettre en évidence ? Ce n'est que quand nous nous en serons assurés que nous aurons le droit d'appeler leur ensemble, *vie élémentaire*, et de déclarer vivante toute substance capable d'y donner lieu.

Tout ce que nous sommes en droit d'affirmer à la fin de cette première approximation, et cette affirmation a une importance assez grande pour que je l'énonce une fois de plus, c'est que : les phénomènes de la vie élémentaire qui permet de constater une observation de courte durée, dans des conditions déterminées, sont les manifestations de propriétés du protoplasma des plastides.

(1) C'est ce que j'ai dit dans l'aide-mémoire : *La matière vivante*, qui n'était lui-même qu'une première approximation ; je montrerai plus loin qu'il est utile, pour arriver à un langage absolument précis, de faire des réserves à ce sujet.

En terminant ce chapître je tiens à rappeler que si nous ne connaissons pas encore le caractère qui distingue les corps vivants des corps bruts et que nous ne découvrirons que dans le livre II, nous connaissons néanmoins des caractères communs à tous les plastides vivants, mais pas à eux seuls. Tels sont, par exemple, les deux suivants qu'il est utile de ne pas oublier : 1° les plastides vivants ont des dimensions limitées; 2° leurs propriétés ne se conservent pas au-dessus d'une certaine température dont il est possible de fixer un maximum, pour toutes les espèces, bien au-dessus de 200 degrés.

---

# LIVRE II

**Deuxième approximation**

## OBSERVATION DE LONGUE DURÉE

---

## CHAPITRE VI

### PHÉNOMÈNES CONSÉCUTIFS A L'ADDITION

Dans le chapitre III, je me suis arrêté à propos de chaque catégorie de plastides, au phénomène de l'addition qui consiste simplement en ceci : une substance *miscible* avec le protoplasma est ajoutée au protoplasma. Il est évident, par définition même, qu'aussitôt l'addition effectuée, la substance nouvelle est incorporée à la substance vivante, comme, dans un verre, de l'eau ajoutée à du vin est incorporée à ce vin; il est évident aussi, qu'immédiatement après l'addition, la substance nouvelle participe aux réactions de la vie élémentaire, autant que le lui permet sa nature propre ; si elle est aussi oxydable que les autres parties oxydables du protoplasma, l'oxygène de la respiration l'oxydera comme les autres corps protoplasmiques oxydables, et ainsi de suite.

Supposez deux alcools différents, de l'alcool éthylique et de l'alcool méthylique par exemple, dans une lampe allumée; tous deux pourront participer en même temps à la combustion dès que leur mélange sera effectué. La quantité de chaleur, de travail, produite par la lampe, pourra être due aussi bien à la combustion de

l'un qu'à celle de l'autre. Eh bien, il en sera du protoplasma auquel s'est ajoutée une substance susceptible d'être consumée par la respiration, comme de la lampe à alcool méthylique à laquelle on a ajouté de l'alcool éthylique; la nouvelle substance combustible sera immédiatement employée pour sa part à la production de l'énergie vitale du plastide; elle entrera dans la vie élémentaire manifestée. On ne concevrait pas aisément une substance *non inerte*, dissoute dans un vase à expériences où se passe une réaction à laquelle elle peut prendre part, et qui resterait inattaquée.

Revenons à notre lampe; tant qu'elle contient de l'alcool soit méthylique, soit éthylique, elle continue de brûler et de produire de la chaleur, du travail, mais à mesure qu'elle fonctionnera en tant que lampe, la quantité de sa substance active, l'alcool, ira diminuant constamment et, finalement, *tout* cet alcool sera transformé en eau et acide carbonique; il n'y aura plus d'alcool dans la lampe. Pour éviter ce résultat, alimentons successivement notre lampe avec des alcools de diverses natures; elle aura toujours les fonctions d'une lampe, mais son contenu sera de nature différente aux différents moments où nous la considérerons.

Il y a là une différence absolue entre la lampe et un être vivant; quand j'ajoute de l'alcool éthylique à l'alcool méthylique d'une lampe enflammée, j'ai renouvelé le combustible, *mais je ne renouvelle pas l'alcool méthylique*. Quand j'ajoute un *aliment*, *différent du protoplasma*, au protoplasma d'un plastide à l'état d'activité, *je renouvelle le protoplasma même du plastide*. Autrement dit, l'ensemble de réactions qui constitue la vie élémentaire du plastide, se traduit, non seulement par des phénomènes externes, par la production d'un certain travail, mais encore par la conservation d'une quantité de substances constituantes du plastide, aussi grande[1] que celle qui est entrée en jeu dans ces

(1) Et même, nous le verrons plus loin, par une *augmentation* de ces substances.

réactions, c'est-à-dire par une reconstitution des substances mêmes qui sont *actives* dans les réactions considérées[1], *de telle manière que le plastide conserve ses propriétés.*

Or ces réactions sont extrêmement complexes; il y a des échanges liquides et gazeux avec le milieu ambiant; il y a des combinaisons et des décompositions sans nombre à l'intérieur, mais la résultante de tout cela est une sorte d'équilibre mobile très remarquable, que tout nous fait constater et qui nous fait précisément dire que le plastide continue de vivre. Voici un exemple un peu simplifié qui donne une idée de ce qui se passe : Considérez aujourd'hui dans le protoplasma d'une amibe une vacuole de dimensions exiguës contenant un corps déterminé. Au bout d'un temps $T$ après l'ingestion, la réaction de la vacuole indiquera une acidité $a$; au bout d'un temps $T'$, un poids $p$ du corps ingéré sera dissous. Reprenez demain la même amibe qui aura pendant 24 heures été soumise à des additions, des diffusions, des échanges d'une complexité inouïe et faites-lui ingérer un corps semblable à celui d'hier *dans les mêmes conditions*. Au bout d'un temps $T$, l'acidité sera $a$ dans la vacuole au bout d'un temps $T'$ un poids $p$ du corps ingéré sera dissous; autrement dit une vacuole creusée dans le protoplasma se remplira par diffusion et dialyse des mêmes substances dans le même temps, ce qui prouvera que le protoplasma est resté le même. *C'est l'ensemble de ces phénomènes vitaux dont le résultat est la constance de la composition, la conservation de toutes les propriétés de l'être vivant, que l'on peut appeler* ASSIMILATION *au sens étymologique du mot.*

C'est seulement grâce à cette *assimilation* qui fait que l'amibe d'aujourd'hui est semblable à l'amibe

(1) C'est comme si l'on faisait constamment le plein dans un vase dont le liquide s'épuise pour une raison quelconque, avec un liquide *différent du premier*, sans changer la nature du contenu du vase.

d'hier, qu'on peut parler des *propriétés spécifiques* des plastides; c'est grâce à cette *assimilation* que l'on conçoit le déterminisme physiologique : Tel plastide, dans telles et telles conditions, réagit *toujours* de telle et telle manière.

Voila une propriété tout à fait spéciale et qui manque à tous les corps bruts. Nous ne connaissons en chimie aucune substance *qui ne se détruise en tant que composé défini chaque fois qu'elle réagit d'une manière quelconque*. En d'autres termes, en dehors de l'état d'indifférence chimique, la quantité d'un composé défini quelconque est *toujours* décroissante. Faites réagir un poids P d'acide chlorhydrique sur du sodium, il vous restera ensuite, outre une certaine quantité chlorure de sodium, un poids d'acide chlorhydrique *inférieur à P*. Ceci est vrai pour tous les corps de la chimie dits corps bruts. Or nous sommes en présence du fait contraire dans les plastides vivants; le protoplasma est, nous le savons, le siège d'un très grand nombre de réactions; si c'était une substance chimique ordinaire sa quantité diminuerait donc constamment, or elle ne diminue pas, mais même elle augmente, et cependant *ses proprités restent les mêmes;* c'est donc un composé défini, qui au cours de réactions chimiques avec des corps *différents* de lui, s'accroît en quantité tout en restant composé défini [1].

C'est cette propriété tout à fait nouvelle qui va nous permettre de caractériser les corps vivants; il faut donc l'étudier avec beaucoup de soin. Et d'abord, cette *propriété* des plastides est-elle encore une propriété chimique du protoplasma; se manifeste-t-elle dans un protoplasma séparé de son noyau? Les expériences de mérotomie vont nous répondre négativement.

(1) Une des conséquences de ce phénomène est que, ce qu'on appelle en chimie la réaction (acide ou alcaline) du protoplasma de la gromie, par exemple, *ne change pas*, et reste, quoi qu'il arrive, indépendante de celle du milieu. J'aurai besoin de cette remarque un peu plus tard. (V. p. 90, *Dégénération*.)

# CHAPITRE VII

## MÉROTOMIE. — DÉGÉNÉRATION

J'ai exposé dans le premier livre les résultats des expériences de mérotonie que permet de constater une observation de courte durée, chez la gromie d'abord.

Poursuivons l'observation du mérozoïte dépourvu de noyau, un peu plus longtemps ; au bout de moins de deux heures, quelquefois, l'apparence change, les contours se modifient ; les corps étrangers amenés par le hasard au contact de la masse isolée cessent d'y adhérer, ce qui prouve que la tension superficielle a augmenté ; enfin les diverses parties du réseau finissent par se séparer les unes des autres et par se rassembler en guttules à contour convexe ; il y a dégénération.

Si au début, nous avons fourni à la masse isolée un corpuscule de matière colorante sensible à l'alcalinité, ce corpuscule, englobé alors que c'est encore possible, nous permet de voir qu'au bout d'un certain temps la réaction de la masse isolée n'est plus indépendante de la réaction du milieu et varie quand on fait varier celle-ci, ce qui n'avait pas lieu chez la gromie pourvue de noyau.

Que concluons-nous naturellement de toutes ces remarques? C'est que, les conditions n'ayant pas changé à l'extérieur c'est la substance qui a changé, ce que nous observons n'est plus *du protoplasma de gromie*.

Nous ne pouvons pas songer un instant à dire que si notre substance ne manifeste plus la vie élémentaire du protoplasma de gromie c'est que le noyau absent déterminait tout à l'heure ces manifestations ; en effet, pendant trois quarts d'heure *au moins* après

la séparation, la masse isolée, nous l'avons vu, offre *toutes* les réactions *observables* d'une portion normale non isolée du réseau des pseudopodes d'une gromie. Il est difficile de comprendre la conception vitaliste[1] qui a amené quelques auteurs allemands à considérer la conservation de la vie élémentaire manifestée pendant ce laps de temps, comme une *action après coup* (Nachwirkung) du noyau. Nous avons constaté en détail à propos de chaque ordre de phénomènes, qu'il y a au début, respiration, mouvement, addition, absolument comme avant la séparation; tous ces phénomènes sont donc bien des propriétés du protoplasma de gromie; au bout de quelque temps tout cela change; la substance en question n'est donc plus du protoplasma de gromie; il y a eu déperdition (respiration) et addition, mais il n'y a pas eu assimilation et nous sommes amenés à concevoir dès le début que l'assimilation n'a lieu que dans une gromie *nucléée*, que seule une gromie *nucléée* est capable de fabriquer du protoplasma de gromie quand on lui fournit l'oxygène et les autres substances nécessaires à la manifestation de la vie élémentaire.

Bruno Hofer a constaté chez l'amibe (Amœba Proteus) une dégénération semblable mais beaucoup plus lente; de la masse dépourvue de noyau; ce n'est qu'au bout de dix à treize jours que la désorganisation complète a lieu, or pendant cette longue suite de jours il se produit des phénomènes particuliers qui compliquent le phénomène de l'addition; c'est pour cela que j'ai renvoyé à cette seconde approximation l'étude complète de ce processus chez les mérozoïtes sans noyau d'amibes et d'infusoires ciliés.

Chez les rhizopodes lobés, l'addition ne peut avoir lieu qu'à la faveur du mouvement du plastide; son premier temps, l'ingestion, dépend en effet du déplacement de l'être comme nous l'avons vu plus haut. Or, Bruno Hofer a constaté que le fragment dépourvu de

(1) Ou plutôt anthropomorphiste.

noyau n'adhère plus aux corps solides et prend assez vite une forme grossièrement sphérique ; c'est le résultat de l'augmentation de tension superficielle qui provient de la variation dans la composition du protoplasma ; la tension superficielle augmentant, la masse doit tendre de plus en plus à devenir sphérique malgré les influences extérieures ; ainsi elle ne peut plus s'aplatir au voisinage des corps solides et y adhérer ; par conséquent elle n'aura que des mouvements d'ensemble et ne formera pas de pseudopodes (voyez p. 60) ; l'ingestion sera donc devenue impossible comme le constate l'expérience.

Chez les infusoires ciliés[1], un mérozoïte sans noyau qui contient ce qu'on est convenu d'appeler la bouche ou cytostome, c'est-à-dire l'entonnoir au fond duquel le protoplasma est à nu, continue pendant quelque temps à ingérer des corpuscules solides qui se trouvent normalement placés dans des vacuoles creusées au milieu du plasma ; ce qui se passe ensuite, soit dans les vacuoles formées après la mérotomie chez les infusoires ciliés, soit dans les vacuoles formées peu de temps avant la mérotomie dans les parties non nucléées des amibes, mérite d'attirer un instant notre attention.

Nous devons penser que les troubles survenant rapidement dans la composition du protoplasma auront un retentissement sur ce qui se passe dans les vacuoles creusées à son intérieur.

Si on a fourni à l'amibe, avant la mérotomie, des corpuscules de substance colorante sensible et qu'on coupe brusquement l'animal de façon à ce qu'il existe dans la partie dépourvue de noyau une vacuole contenant précisément un tel corpuscule, on constate que le contenu de la vacuole devient acide comme dans les conditions normales ; ce résultat est très peu important

(1) J'étudierai un peu plus loin ce qui se passe chez les infusoires ciliés, quoique j'aie jusqu'à présent négligé ce groupe trop complexe de protozoaires, à cause des expériences très complètes de mérotomie dont ils ont été l'objet (Balbiani, Verworn, etc.).

puisqu'il ne nous donne des renseignements que sur les premiers temps qui suivent la mérotomie, alors que la survie du mérozoïte dépourvu de noyau est de plusieurs jours ; pendant les premiers temps qui suivent la mérotomie, le protoplasma est encore du protoplasma d'amibe et les phénomènes de diffusion qui se produisent vers une vacuole creusée à son intérieur sont les mêmes que d'habitude. Nous pourrions néanmoins conclure de cette seule observation, si certaines idées préconçues et certaines comparaisons avec les êtres pourvus de nerfs nous avaient fait penser que le noyau peut avoir une influence directe sur les diffusions vers la vacuole ; si nous avions cru à l'existence d'une activité sécrétoire du plastide lui-même et non à une activité physique de la vacuole creusée dans le protoplasma, nous pourrions conclure, dis-je, que le *noyau n'a aucune influence* directe sur la *sécrétion* acide.

Or, Bruno Hofer a observé que les aliments ingérés peu avant la mérotomie, subissaient dans les fragments dépourvus de noyau une digestion plus ou moins incomplète et lente : « Cet auteur a vu que, lorsque les fragments sans noyau renfermaient des aliments abondants, une plus ou moins grande quantité de ceux-ci était rejetée sans avoir subi de digestion, tandis que *lorsque les aliments étaient rares et de petit volume, ils étaient souvent digérés*. Dans les mêmes conditions, les fragments pourvus d'un noyau digéraient toujours leurs aliments jusqu'à la dernière parcelle. Il conclut de ces observations que les fragments sans noyau n'emploient pour la digestion que la quantité de sucs digestifs qu'ils contenaient au moment de la division et sont incapables de *sécréter* de nouvelles quantités de ces sucs lorsque cette réserve est épuisée, que par conséquent *cette faculté ne s'exerce que sous l'influence du noyau*. Cette influence est sans cesse agissante chez les individus intacts et les fragments pourvus d'un noyau, tandis que chez les fragments sans noyau, elle ne s'exerce que par une action après coup (Nachwirkung) ».

Cette interprétation bizarre qui fait intervenir ce phénomène mystérieux (Nachwirkung) ne tient-elle pas à l'abus du mot sécrétion qui a donné à l'auteur l'idée d'une activité propre de l'amibe, d'une certaine impulsion partant de l'intérieur de l'amibe, et l'a fait localiser ensuite le point de départ de cette impulsion dans le noyau? Et cette impulsion partie du noyau peut encore déterminer après la séparation une activité sécrétoire! c'est bien mystérieux.

Tous ces phénomènes se rapportent au contraire parfaitement au fait que l'assimilation n'a plus lieu dans un protoplasma dépourvu de noyau; ils donnent même une nouvelle preuve de ce fait. Au début, le protoplasma, qui est encore du protoplasma d'amibe, laisse diffuser les produits diffusibles du protoplasma d'amibe; d'où l'apparition d'acide dans une vacuole; s'il y a une vacuole unique, cette vacuole drainant à elle seule une masse considérable de protoplasma se remplira des produits normaux qui font de son contenu un liquide digestif, et la dissolution des corps ingérés s'y fera petit à petit comme l'a constaté Bruno Hofer. Si, au contraire, il y a plusieurs vacuoles, elles se partageront les produits diffusibles et comme ces produits ne sont plus renouvelés par le phénomène d'assimilation, le contenu de chaque vacuole ne deviendra pas un liquide digestif complet; il n'y aura donc pas dissolution complète des corps ingérés et c'est ce qu'a constaté Bruno Hofer. L'on ne voit donc pas l'utilité de faire intervenir dans ces phénomènes la mystérieuse « Nachwirkung » de l'auteur allemand.

M. Balbiani a étudié ce qui se passe dans les vacuoles des mérozoïtes non nucléés de paramécies. Ces mérozoïtes ne subissent la désorganisation qu'au bout de plusieurs jours et continuent de se mouvoir normalement jusque-là.

« Il faut prendre ceux qui ont conservé la bouche complète de l'ancien individu, car, s'ils sont sans bouche ou n'ont qu'une bouche plus ou moins mutilée, ils sont

incapables de prendre de la nourriture. Le plus souvent il est presque impossible de reconnaître d'avance si ces fragments d'individus sont dépourvus de noyau, car ils peuvent ne renfermer qu'une très petite portion du noyau primitif très difficile à distinguer en raison de sa transparence, sans le secours des réactifs dont, naturellement, on ne peut pas faire usage ici.

« Après avoir isolé dans quelques gouttes d'eau ou d'infusion un ou plusieurs de ces fragments sur un porte-objet à cuvette, on y ajoute quelques grumeaux d'alizarine violette [1] qui sont presque aussi rapidement ingérés que par les individus intacts.

« Parmi ces fragments, on reconnaît que la plupart renferment des vacuoles d'ingestion contenant des grumeaux jaunes comme les individus intacts. Plus rares sont ceux où l'alizarine est restée violette. On recouvre alors la préparation d'une lamelle mince sous laquelle on aplatit légèrement les fragments par soustraction partielle de l'eau, ce qui permet quelquefois déjà de reconnaître les fragments avec ou sans noyau. Pour achever la démonstration, on dépose sur le bord de la préparation une goutte d'une solution d'acide osmique qui n'a pas la propriété de modifier la couleur de l'alizarine violette, mais qui rend le noyau plus apparent quand il existe. A l'aide de ce procédé, j'ai pu constater que dans les fragments sans noyau l'alizarine ingérée avait conservé sa coloration violette. Cette observation ne laisse aucun doute *sur l'influence que le noyau exerce sur la sécrétion acide dans les vacuoles alimentaires.* »

Nous remarquons d'abord dans cette observation une différence avec ce que nous avons constaté dans le mérozoïte sans noyau des amibes; mais il est bon de se rendre compte que les observations ne sont pas comparables. Chez l'amibe, le grumeau était ingéré *avant*

(1) L'alizarine violette dans la vacuole alcaline, vire au rose avec la diminution d'alcalinité et au jaune avec l'apparition d'acidité.

*la mérotomie*, et par conséquent nous avons observé ce qui se passe dans la vacuole *immédiatement* après l'opération ; l'acidité par diffusion était donc ainsi obtenue à une époque où les mérozoïtes correspondants de paramécies n'avaient pas encore ingéré leurs grumeaux d'alizarine ; peut-être aurions-nous trouvé un résultat différent s'il nous avait été donné de nous renseigner *à la même époque* sur des vacuoles nouvellement formées dans le mérozoïte de l'amibe, ce qui est impossible nous l'avons vu.

L'observation que nous avons rapportée pour l'amibe, prouve que chez cet être, la diffusion acide vers la vacuole se fait sans le secours du noyau ; l'observation de M. Balbiani sur les paramécies prouve que le protoplasma de ces êtres se modifie rapidement après l'ablation du noyau, qu'il n'y a plus assimilation dans un protoplasma dépourvu de noyau.

Que certaines propriétés du protoplasma (mouvement) se conservent beaucoup plus longtemps que d'autres (diffusions) cela tient à ce que les réactions qui produisent la première sont des réactions lentes, usant lentement la substance qui les manifeste, que les diffusions au contraire épuisent naturellement très vite la réserve de substance diffusible qui disparaît ainsi au bout de peu de temps, n'étant plus renouvelée ; le phénomène diffusif ne se manifeste en effet que par *perte* de la substance diffusible elle-même.

Cela sera surtout remarquable chez les infusoires ciliés. L'amibe en effet, pouvant être considérée au point de vue de sa surface extérieure comme une masse liquide homogène, se coupe comme une goutte d'huile sans qu'il puisse être question de plaie ; chacune des parties de l'amibe coupée présente partout au contact de l'eau la même surface homogène, qui s'oppose à la diffusion vers le milieu autant que la surface normale d'une amibe entière.

Au contraire chez les ciliés qui ont une forme déterminée et une cuticule, il y a *plaie* et pendant qu'il y a

plaie « le plasma est exposé à s'imbiber, par la plaie, de l'eau ambiante » et surtout à perdre par diffusion dans l'eau ambiante ses principes les plus diffusibles. Ceci a lieu plus particulièrement chez les paramécies qui comme nous le rapporterons tout à l'heure ont montré à M. Balbiani une exception remarquable au phénomène de régénération ; d'une façon générale d'ailleurs, le même auteur a prouvé que chez les ciliés « le noyau influe sur la sécrétion de la cuticule au moyen de laquelle a lieu la cicatrisation de la plaie produite par la section, ce qui expose le fragment sans noyau à l'imbibition de l'eau amenant promptement sa désorganisation ».

Toutes ces particularités expliquent suffisamment que chez des mérozoïtes de paramécies observés quelque temps après la mérotomie, des corpuscules solides ingérés dans des vacuoles ne se trouvent pas environnés petit à petit, dans ces vacuoles, du liquide acide normal chez les plastides nucléés.

Il est important de résumer en quelques mots ce qui a rapport à la diffusion dans les vacuoles, car MM. Balbiani, Verworn, Hofer, attribuent au noyau une influence directe sur la sécrétion digestive.

Au point de vue où nous nous sommes placés nous pouvons répondre : Rien dans l'étude des matières inorganiques ne nous autorise à admettre qu'un corps situé en dehors d'une goutte d'eau et sans contact avec elle puisse influer en quoi que ce soit sur les phénomènes de diffusion dont cette goutte d'eau est le siège de la part du milieu ambiant.

Nous nous sommes promis de nous expliquer, jusqu'au moment où nous serions arrêtés, les phénomènes qui se passent dans les plastides comme si la substance de ces plastides ne différait pas essentiellement des autres substances connues ; nous nous expliquons tous les phénomènes de diffusion comme on vient de le voir ; il est donc *inutile*, pour le moment (et rien ne nous y autorise), d'admettre cette chose mystérieuse, une

influence directe du noyau sur les « *sécrétions digestives* ».

**Cicatrisation.** — Il y a deux parties distinctes à considérer dans cette manifestation de la vie élémentaire : 1° la production d'une cuticule de nature quelconque qui sépare le protoplasma de l'extérieur ; 2° la récupération de la forme primitive que nous étudierons plus loin sous le nom de régénération.

La première partie de ce phénomène a été ramenée par les auteurs à une sécrétion ; j'ai déjà cité le passage de M. Balbiani relatif au ciliés. M. Verworn a établi la même chose pour les rhizopodes réticulés et lobés ; par exemple : « Quand on sépare en plusieurs fragments le *Polystomella crispa* (réticulé marin), les fragments contenant les noyaux sont seuls capables de régénérer la coquille en sécrétant une couche calcaire à la surface de la plaie tandis que les fragments dépourvus de noyau ne régénèrent pas leur coquille et ont perdu par conséquent la faculté de *sécréter* la chaux. »

De même les botanistes ont montré que pour les cellules végétales, les fragments pourvus d'un noyau sont seuls capables de produire la cellulose nécessaire à la fermeture de la plaie.

Occupons-nous d'abord de ce dernier cas ; nous savons que dans l'œuvre de synthèse à laquelle nous assistons chez un plastide à l'état de vie élémentaire manifestée et que nous appelons *assimilation*, il y a fabrication des substances spécifiques du plastide et en outre, dans certains cas, d'un certain nombre de substances ternaires : amidon, cellulose... etc., sur lesquelles je reviendrai ultérieurement. L'observation précédente nous prouve que cette synthèse de cellulose qui a lieu normalement à la surface des plastides végétaux n'a plus lieu quand le noyau est absent [1] ; c'est une

(1) La fabrication d'amidon, sous l'influence de la lumière, constatée par Klebs dans un mérozoïte de spirogyre et dans un protoplasma *chlorophyllien* dépourvu de noyau, est un phéno-

nouvelle preuve directe que l'*assimilation* n'a lieu que dans un protoplasma muni de noyau, et cela ne prouve rien de plus.

Chez un rhizopode réticulé à coquille calcaire, c'est quelque chose d'analogue ; il peut exister dans le sarcode normal, par suite d'une élection spéciale à ce sarcode, des sels calcaires solubles qui disparaissent rapidement dans le sarcode dégénéré dépourvu de noyau ; ces sels, carbonatés par l'acide carbonique de la respiration peuvent se précipiter dans la couche superficielle du plastide où ils rencontrent des conditions particulières. Il est inutile d'insister sur ces phénomènes dans lesquels on ne peut encore voir, pas plus que pour la diffusion dans les vacuoles digestives, une influence directe du noyau sur un *mécanisme* de sécrétion.

**Régénération.** — Ce phénomène capital mérite de nous arrêter longtemps.

Nous avons vu, qu'au bout d'un temps variable avec les espèces de plastides, le protoplasma dépourvu de noyau se détruisait petit à petit par suite de l'absence d'assimilation.

Au contraire, après une expérience de mérotomie, le mérozoïte qui a conservé le noyau, *se régénère entièrement* et *reprend petit à petit la forme normale de l'individu complet.*

Il y a des rhizopodes réticulés, foraminifères ou radiolaires, chez lesquels existe un squelette calcaire ou siliceux d'une forme très variée et d'une complexité *extrême*, constantes avec les espèces.

Eh bien, M. Verworn a montré que si l'on casse la coque d'un de ces plastides, le fragment contenant le noyau reproduit le plastide entier avec sa forme caractéristique quelque compliquée qu'elle soit ; la calcification qui se produit à la surface de la plaie chez les

mène d'un autre ordre, sur lequel j'insisterai plus loin. (Production des réserves dans la *condition n°* 2, v. p. 245).

foraminifères reproduit ainsi exactement la partie de la coquille qui a été enlevée.

Chez les infusoires ciliés qui affectent aussi des formes très complexes, M. Balbiani a montré également que tout mérozoïte pourvu d'une portion de noyau [1], se régénère petit à petit avec la forme caractéristique de l'espèce. Il n'a trouvé qu'une exception à ce fait très général ; elle lui a été fournie par les paramécies dont les mérozoïtes nucléés peuvent vivre un mois et au delà sans présenter aucune trace extérieure de régénération.

Chez les cellules végétales il en est de même ; la cellulose produite par synthèse dans les mérozoïtes pourvus d'un noyau reproduit exactement une paroi cellulaire de la même forme que celle qui préexistait à l'opération de mérotomie.

Le résultat très général de la régénération de la forme spécifique quand le noyau est conservé, a une importance extrême que nous comprendrons mieux quand nous aurons passé de nouveau en revue toutes les autres conclusions des expériences de mérotomie.

**Rôle du noyau.** — Quand nous observons un plastide, le résumé de nos constatations est que ce plastide a des propriétés *spécifiques déterminées*, et que les manifestations dont nous pouvons faire l'étude au prix d'une observation de peu de durée sont toujours les mêmes, dans les mêmes conditions pour une espèce déterminée ; en un mot nous concluons au *déterminisme spécifique* des plastides.

La conservation des propriétés spécifiques des plastides doit étonner un observateur sachant que tous les phénomènes de la vie élémentaire se manifestent seulement au prix de réactions constantes de la substance du plastide ; s'il y a déperdition, il y a aussi addition, et cette addition est suivie d'une synthèse spéciale d'une

(1) Le noyau se régénère aussi, dans le même temps, avec sa forme spécifique, tout comme le protoplasma, dans un mérozoïte contenant un morceau de l'un et de l'autre.

nouvelle quantité des *substances spécifiques du plastide*.

De toutes les expériences de mérotomie nous pouvons conclure que cette synthèse a lieu seulement en présence du noyau, et qu'elle a toujours lieu, dans les conditions normales, en présence du noyau ; elle n'a jamais lieu en l'absence du noyau, c'est seulement dans le protoplasma nucléé que se fait l'*assimilation*.

Il y a là un mécanisme extrêmement intéressant, que rien ne pouvait faire prévoir a priori, et qui est tout à fait général chez les plastides vivants[1].

Au contraire, toutes les autres conclusions des expériences de mérotomie, nous pouvions les prévoir en faisant abstraction des idées vitalistes préconçues, en nous abstenant de considérer à l'avance les substances vivantes comme différant essentiellement des substances mortes.

Avec ce que nous savons maintenant, et *sans recourir à aucune hypothèse*, en nous contentant de raconter, *sans les interpréter*, les faits d'observation courante, nous pouvons arriver à une notion précise et complète de la vie élémentaire, et à des définitions rigoureuses de tout ce qui s'y rapporte. C'est ce que je vais m'efforcer de faire dans les chapitres suivants.

---

## CHAPITRE VIII

### ÉQUATION DE LA VIE ÉLÉMENTAIRE MANIFESTÉE

Considérons un plastide vivant A au temps $T_0$; il est formé *à ce moment précis* de *n* substances[2] chimique-

(1) Il se produit exactement de même chez les monères de Hackel, mais chez ces êtres il n'y a aucune différenciation en protoplasma et noyau, et aucun mérozoïte quel qu'il soit ne subit de dégénération, dans les conditions normales.

(2) Je ne distiugue désormais aucunement les substances qui

ment définies ; chacune de ces *n* substances existe dans le plastide en quantité déterminée ; quelques-unes de ces *n* substances sont miscibles et mélangées entre elles, d'autres, non miscibles avec les premières ou séparées d'elles d'une façon quelconque, sont incluses dans leur mélange et peuvent contenir elles-mêmes des inclusions. L'ensemble constitue une masse plus ou moins fluide, séparée de l'eau, et pouvant contenir des parties solides.

Le milieu est un liquide aqueux contenant *m* substances chimiquement définies.

Par suite d'affinités chimiques, des réactions sont possibles *dans les conditions de l'observation* entre quelques-unes de ces $n + m$ substances ; ces réactions ont lieu et, au bout d'un instant, il s'est produit des changements dans le plastide et dans le milieu ; au temps $T_0 + \theta$, le plastide est composé de $n'$ substances dont quelques-unes peuvent être nouvelles, d'autres semblables aux premières. Supposons d'abord le milieu suffisamment vaste par rapport au plastide pour que sa composition n'ait pas changé sensiblement.

Quelque petit que soit $\theta$, nous n'avons aucunement le droit, *a priori*, de considérer le plastide A du temps $T_0 + \theta$ comme identique au plastide A du temps $T_0$ ; nous constatons en effet, optiquement, soit qu'il s'est déformé, soit qu'il s'est accru, soit qu'il s'est déplacé ; nous n'avons guère de moyens de constater les modifications qui ne se traduisent pas par des phénomènes visibles.

Quand nous mélangeons dans un verre deux solutions limpides, s'il se forme un précipité visible, ou un dégagement, nous pouvons affirmer qu'il y a eu réaction ; si le mélange reste limpide nous ne pouvons rien dire. Il y a cependant des cas où une réaction cachée à l'œil se traduit par un phénomène physique constatable, une élévation de température, par exemple.

constituent le noyau de celles qui constituent le protoplasma. Je considère toujours l'*ensemble* du plastide.

Nous constatons ici le déplacement, la déformation ou l'accroissement. Suivant l'espèce de plastide observé, c'est l'un ou l'autre de ces phénomènes qui peut être décelé le plus rapidement par l'observation ; quelquefois on peut observer les trois à la fois. Mais il peut se produire en outre, entre les $n + m$ substances du plastide et du milieu, bien des réactions chimiques qui échappent à nos regards.

Dans beaucoup de cas, le déplacement est rapide, la déformation et l'accroissement sont très lents ; l'observateur irréfléchi qui voit le plastide se déplacer sans se modifier *en apparence*, ne pense pas aux réactions chimiques que son œil ne peut pas distinguer et croit le mouvement spontané, d'où le principe vital intérieur... etc.

Mais, poursuivons l'observation plus longtemps. Nous supposons que le milieu remplit les conditions « *favorables à la vie du plastide* A »[1]. Nous constaterons bientôt que le *plastide a grandi*. Que signifie exactement cette phrase ?

Ce que nous appelons *plastide* A au temps $T_0$, c'est une masse non miscible à l'eau et composée de $n$ substances chimiques définies ; au temps $T'$ c'est encore une masse non miscible à l'eau ambiante et composée de $n'$ substances chimiques définies.

Si nous n'avons pas interrompu l'observation depuis le temps $T_0$ jusqu'au temps $T'$, nous pouvons affirmer que c'est toujours le même plastide, c'est-à-dire qu'il n'y a pas eu d'interruption dans son existence *en tant que masse de substance séparée de l'eau ambiante*, mais nous ne pouvons pas affirmer *a priori* qu'une seule des $n'$ substances du plastide au temps $T'$ préexistait dans le plastide au temps $T_0$. Nous l'appelons cependant du même nom A.

Et en effet, le plus souvent, l'ensemble des caractères

(1) Ces *conditions* peuvent être rigoureusement définies ; je le montrerai plus loin.

*visibles* que présente le plastide au temps T′ s'écarte assez peu de celui qu'il présentait au temps $T_0$, pour que nous le *reconnaissions*. C'est ce qui fait naître la notion de l'individualité de A, notion d'autant plus facile à acquérir qu'elle est dans le langage. Voilà notre plastide muni d'un état civil ; c'est au moins inutile.

En effet, en poursuivant notre observation, nous verrons, par une suite de déformations successives, le plastide A se diviser en deux plastides $B_1$ et $B_2$ qui, au temps T″ seront identiques d'aspect à ce qu'était A au temps $T_0$. Qu'est devenue l'individualité en cette circonstance? En acceptant ce mot individualité nous avons pensé à l'homme sans y prendre garde et nous voilà très embarrassés. Y a-t-il deux nouvelles individualités et qu'est devenue l'ancienne ? M. Delage[1] se tire facilement de cette difficulté : « Il se divise, et, en se divisant, *il disparaît.* »

Je prends une masse d'eau de la capacité d'un litre ; je la divise en deux masses d'un demi-litre. L'eau des deux masses est identique à celle de la masse unique. Qu'est-ce qui a donc disparu ? Il faut se défier de la notion d'individualité qui provient de l'étude des animaux supérieurs et ne pas la faire intervenir tant qu'il n'y a pas lieu de le faire.

Nous constatons qu'à un moment donné, pour des raisons d'équilibre, une masse, unique jusque-là, se divise en deux masses. Si chacune des deux masses se compose de la moitié exactement de tout ce qu'il y avait dans A, nous pouvons prévoir que *dans un milieu homogène*, leur sort ultérieur sera le même ; dans un milieu légèrement hétérogène il pourra intervenir des différences plus ou moins considérables dans les conditions des deux plastides suivant le point de l'espace où les conduiront leurs réactions motrices. S'il y a inégalité dans la division de A, il y a par là même

(1) Delage. *La structure du protoplasma et les théories sur l'hérédité et les grands problèmes de la biologie générale*, p. 771.

inégalité probable dans le sort ultérieur des deux plastides.

En général, les phénomènes constatables optiquement font supposer que le partage a été égal. Au temps T″, $B_1$ et $B_2$ sont identiques d'aspect à ce qu'était A au temps $T_0$.

Restant dans le *même* milieu, ces deux plastides continuent de réagir et *grandissent*, puis à un moment donné ils se divisent comme tout à l'heure A et nous avons quatre masses isolées $C_1$, $C_2$, $C_3$, $C_4$. Au temps $T_1$, chacune d'elles est identique d'aspect à ce qu'était A au temps $T_0$.

Arrêtons-nous ici un instant et jetons un coup d'œil en arrière.

Les quatre plastides $C_1$, $C_2$, $C_3$, $C_4$, nous semblent, au temps $T_1$, identiques comme dimensions et comme aspect à ce qu'était A au temps $T_0$ ; ils se déforment de la même façon, se meuvent de la même façon en présence des mêmes réactifs. Logiquement, tout nous porte à admettre qu'ils sont peu ou pas différents de A considéré au temps $T_0$.

Ceci est une remarque très importante [1].

Nous avons assisté depuis $T_0$ jusqu'à $T_1$ à des réactions des substances de A entre elles et avec le milieu, réactions incessantes qui se sont traduites à nos yeux par des mouvements et des déformations et dont nous avons également trouvé un résultat dans la production d'acide carbonique et d'autres composés que met en évidence l'analyse chimique. Il était probable *a priori*, comme je l'ai fait remarquer plus haut, que quelques-unes au moins des $n$ substances composant A au temps $T_0$ seraient modifiées au temps $T_0 + \theta$ quelque petit que fût $\theta$. Or, au temps $T_1$, nous constatons cette

(1) J'ai supposé dans l'établissement de l'équation de la vie élémentaire manifestée que les plastides considérés se reproduisaient par bipartition ; on arriverait au même résultat en s'occupant de plastides qui se reproduisent par bourgeonnement ou par sporulation.

chose très curieuse, que l'ensemble des réactions chimiques qui se sont produites sous nos yeux depuis le temps $T_0$, a remplacé A par 4 masses qui lui semblent égales !

Parmi les $n$ substances qui composaient A au temps $T_0$, il y en avait $p$ dont la manière de se comporter entre elles et vis-à-vis du milieu déterminait les phénomènes optiquement constatables sur A ; c'est seulement de ces $p$ substances que nous avons le droit de parler (puisque les $n$-$p$ autres, si elles existent, n'ont pas donné lieu à des manifestations observables) ; appelons-les pour fixer le langage, substances *plastiques* de A. Nous avons rigoureusement le droit de traduire ainsi notre observation : Du temps $T_0$ jusqu'au temps $T_1$ la quantité de chacune des substances plastiques de A a quadruplé sous nos yeux.

Cela s'est produit évidemment aux dépens du milieu ambiant.

Nous avons supposé, au début, ce milieu suffisamment vaste par rapport au plastide pour que la proportion des substances qu'il contenait au temps $T_0$ n'eût pas sensiblement changé au temps $T_1$, autrement dit, pour que pendant le temps de notre observation, le ou les plastides se trouvassent dans des conditions sensiblement constantes. Nous pouvons néanmoins supposer connue la quantité des diverses substances qui a disparu du milieu, du temps $T_0$ au temps $T_1$, ainsi que la quantité des substances nouvelles qui y a apparu dans le même intervalle. Comme « rien ne se perd » nous devons pouvoir écrire qu'il y a équivalence entre les éléments existant dans le milieu (y compris les plastides) aux temps $T_0$ et $T_1$ ; et si nous appelons $a$ l'ensemble des substances plastiques de A au temps $T_0$, cette équivalence se traduira par une équation chimique de la forme :

$$\text{(I)} \qquad a + Q = 4\,a + R$$

équation qui représente le résultat total de l'ensemble

des réactions successives ayant eu lieu depuis le temps $T_0$ jusqu'au temps $T_1$.

L'équation (I) est la traduction littérale d'un fait d'observation. Il n'y a donc pas à se demander si une telle réaction est possible en un ou plusieurs temps ; elle est possible puisqu'elle a lieu ; elle a lieu, donc elle satisfait à toutes les lois de la chimie et de la thermochimie. *Elle nous indique seulement une propriété chimique très curieuse des p substances plastiques du plastide* A. Ces substances étant introduites ensemble dans un milieu contenant certaines substances déterminées [1], dans des conditions déterminées, il se produit entre les divers éléments mis en présence une série de réactions dont la résultante est d'augmenter la quantité des substances plastiques introduites.

Ceci est une propriété commune à tous les plastides. Pour chaque espèce de plastides il existe un milieu chimiquement défini, tel que, dans des conditions physiques déterminées, un plastide de cet espèce donne lieu en un temps déterminé à un ensemble de réactions successives se résumant dans l'équation :

$$\text{(II)} \qquad a + Q = \lambda\, a + R$$

où $\lambda$ est un nombre plus grand que 1. Un même milieu réalise d'ailleurs souvent les conditions nécessaires à l'accomplissement de cette réaction pour un grand nombre d'espèces de plastides à la fois.

L'équation (II) représente le résultat total d'un ensemble de phénomènes successifs. Si les *p* substances plastiques de A étaient dissoutes et réparties d'une manière homogène dans le milieu, on ne comprendrait

(1) On a pu, en effet, déterminer rigoureusement les éléments nécessaires à l'accomplissement de cette réaction pour quelques espèces. Le premier exemple de cette détermination est la découverte du liquide Raulin pour l'aspergillus. Ce liquide se compose exclusivement des substances suivantes : sucre, acide tartrique, nitrate d'ammoniaque, phosphate d'ammoniaque, carbonate de potasse, carbonate de magnésie, sulfate d'ammoniaque, sulfate de fer, sulfate de zinc, carbonate de manganèse, eau, oxygène.

pas pourquoi ne se produit pas immédiatement la réaction définitive, mais nous avons vu quelle est la constitution des plastides. J'ai exposé les divers modes *d'addition* qui pouvaient préparer cette réaction ; les p substances plastiques forment un certain nombre de masses non miscibles incluses les unes dans les autres ; l'ensemble du plastide est plus ou moins séparé de l'eau. Ce n'est donc que petit à petit que toutes les substances capables de réagir se trouvent avoir réagi ; il ne peut y avoir que des réactions partielles successives. Mais le résultat de ces réactions partielles successives est précisément le phénomène auquel je me suis arrêté dans le chapitre VI, le phénomène d'*assimilation*. Ce phénomène est traduit par l'équation (II) que l'on peut appeler *l'équation de la vie élémentaire*.

Les substances plastiques d'un plastide jouissent donc de la propriété chimique très spéciale que, juxtaposées dans un milieu contenant des éléments déterminables pour chaque plastide, elles donnent lieu à un ensemble de réactions dont la résultante est la synthèse, entre autres produits, de substances identiques à elles-mêmes.

On peut se demander s'il est nécessaire que toutes les substances plastiques coexistent pour que cela ait lieu. Les expériences de mérotomie exposées dans le chapitre précédent répondent en partie à cette question ; les substances plastiques du protoplasma, séparées de celles du noyau, ne donnent plus lieu au phénomène d'*assimilation*, dans des conditions de milieu où ce phénomène se produit chez un plastide complet. Il est difficile d'aller plus loin expérimentalement et de séparer les diverses substances plastiques du noyau d'une part, du protoplasma d'autre part[1]. Nous devons donc

(1) Dangeard a obtenu des résultats de mérotomie pathologique en étudiant l'infection par un parasite qui détruit le noyau mais ce parasite n'est jamais localisé, uniquement, dans une des parties du noyau à l'exception de toutes les autres, de sorte que cette observation ne nous donne pas de renseignement plus complet que les expériences ordinaires de mérotomie.

nous en tenir actuellement à l'affirmation que le phénomène de synthèse exposé dans l'équation (II) a lieu, dans un milieu convenable, quand *toutes* les substances plastiques du plastide A sont juxtaposées ; nous ne pouvons pas savoir si la présence de *toutes* ces substances est nécessaire, nous sommes sûrs seulement qu'il faut quelques substances du protoplasma et quelques substances du noyau.

Certains auteurs dignes de foi ont décrit des *Monères* dépourvues de noyau et se comportant néanmoins, dans des conditions convenables, comme les plastides dont je viens de parler ; chez ces êtres le nombre *p* des substances plastiques est peut-être réduit à un ; il est possible aussi que plusieurs substances différentes y soient mélangées entre elles ; je reviendrai dans le troisième livre, sur ces êtres particuliers.

Chacune des *p* substances plastiques d'un plastide, possède donc la *propriété* de s'accroître en quantité, quand, juxtaposée aux (*p-1*) autres, elle est plongée dans un milieu déterminé.

J'emploie avec intention ce terme *propriété* qui est usuel en chimie, parce que, toute la première approximation nous l'a prouvé, nous ne devons voir dans les phénomènes de la vie élémentaire que les manifestations, dans certaines conditions, des propriétés des substances constituantes du plastide.

Eh bien ! cette propriété qui manque aux corps bruts, c'est-à-dire aux corps ordinaires de la chimie est commune à tous les plastides vivants et à eux seuls. Une étude attentive nous a prouvé que c'est la seule propriété qui leur soit commune, en tant que propriété susceptible de se manifester à nous ; c'est donc le caractère distinctif des êtres vivants, la *propriété* D'ASSIMILATION.

*Un plastide vivant est un corps tel, qu'il existe un milieu liquide correspondant, dans lequel ce corps est susceptible d'assimilation.*

Il se peut, qu'en essayant de nous figurer comment ce phénomène est possible nous n'y réussissions pas. Mais, est-ce que nous nous figurons comment deux gaz, l'oxygène et l'hydrogène, peuvent se combiner pour donner un liquide, l'eau ? Quand nous étudions la chimie des corps simples, nous nous en tenons généralement à la recherche des *propriétés* des corps. Cela, c'est le domaine de la science ; rechercher actuellement le pourquoi et le comment de ces propriétés, c'est entrer dans le domaine de l'hypothèse ; mais, si l'on veut le faire, il vaut mieux commencer par essayer de comprendre les propriétés des corps simples avant de s'attaquer aux plus complexes de la chimie, les substances plastiques des plastides.

La possibilité de donner de l'eau en se combinant à l'oxygène est une propriété de l'hydrogène ; la possibilité de donner de la nitroglycérine en réagissant avec de l'acide azotique est une propriété de la glycérine ; la possibilité pour un gramme de levure de bière de réagir avec tant de grammes de liquide Pasteur pour donner tant de grammes d'alcool, tant de grammes d'acide carbonique, etc., *plus deux grammes de levure de bière*, est une propriété de la levure de bière.

Je le sais, la propriété à laquelle nous venons d'arriver est nouvelle en chimie et peut étonner parce qu'elle est nouvelle ; mais c'est justement pour cela qu'elle permet de caractériser rigoureusement les plastides vivants et de les distinguer de tous les autres corps. Et cependant, nous connaissons des phénomènes *grossièrement analogues* dans certains cas de cristallisation. Il y a tel liquide à l'état de sursaturation ou de surfusion[1], dans lequel un cristal donné détermine la formation de cristaux *identiques à lui-même*, et dans lequel un cristal d'un autre modèle eût déterminé de même la formation de cristaux construits de cette seconde façon.

(1) M. Delage, *Op. cit.*, attribue cette propriété à un liquide *non saturé;* il y a certainement là une erreur d'impression.

Ce phénomène de cristallographie nous le connaissons fort bien, et, quoique nous ne comprenions pas encore comment il se produit, nous y voyons une *propriété* de certaines substances chimiques.

Dans l'hypothèse atomique, nous rapportons généralement les propriétés des corps à des structures moléculaires spéciales. La chimie ne nous a pas encore appris la structure moléculaire des substances plastiques des plastides vivants ; nul doute que sa découverte nous explique le phénomène d'assimilation[1].

(1) Dans un plastide ordinaire, nous sommes forcés d'admettre la présence d'un grand nombre de substances plastiques ; la coexistence de toutes ces substances est nécessaire pour que l'assimilation ait lieu ; on peut se proposer de rechercher, mathématiquement, $p$ groupements atomiques, $a_1$, $a_2$, ..... $a_p$, tels que par l'addition de certains éléments déterminés (eau, ammo-

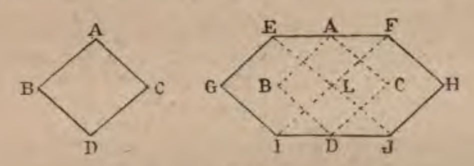



Fig. 5.

niaque, oxygène, etc.), à un nombre déterminé de ces molécules juxtaposées, $n_1$ $a_1$, $n_2$ $a_2$, ..... $n_p$ $a_p$, on obtienne des molécules $a_1$, $a_2$, ..... $a_p$, en quantités plus grandes que $n_1$, $n_2$ ...... $n_p$.

Je prends, pour m'expliquer, le cas le plus simple, celui d'une *monère* idéale formée d'une seule substance plastique (v. p. 186) qui est alors une substance douée par elle-même de vie élémentaire. Nous ne connaissons pas la stéréochimie de la molécule vivante, je la représente donc d'une manière quelconque, sous forme d'un carré ABCD par exemple, pour pouvoir rendre mon explication plus compréhensible (fig. 5). Par suite d'additions successives de substances existant dans le milieu et déterminées, pour l'espèce considérée, par ses affinités chimiques, cette molécule s'accroîtra de plus en plus au cours de réactions partielles de sa vie élémentaire manifestée ; elle deviendra ainsi EFGHIJ, par exemple.

Eh bien, ce que nous enseigne le phénomène d'assimilation, c'est que, dans EFGHIJ, les conditions d'équilibre, les affinités seront telles qu'il s'y découpera deux molécules, EGIL et FHJL, *identiques* à ABCD, plus des restes (les triangles ELF, ILJ), qui seront les substances du terme R de l'équation II.

Cette propriété d'assimilation est trop essentielle pour que je n'essaie pas de la faire comprendre aussi complètement que possible ; je vais donc répéter sous une autre forme le contenu des pages précédentes en évitant la représentation par équation chimique qui peut n'être pas familière à quelques lecteurs.

Etudions, par exemple, une bactérie mobile ; nous savons que sa substance n'est pas en état d'indifférence

En d'autres termes, la molécule de substance vivante, s'étant additionnée de tout ce qui peut s'ajouter à elle par suite de ses affinités chimiques, se cassera en plusieurs parties dont deux molécules *identiques* à ce qu'elle était au début et d'autres produits appartenant au terme R de l'équation II (déchets, excréments).

Dans ce cas le plus simple d'une monère idéale, j'ai pris encore le cas le plus simple, celui où une seule molécule en donnerait deux en se cassant ; il se peut qu'il faille *n* molécules semblables juxtaposées, pour qu'en se cassant elles en donnent $(n + 1)$.

Tout ceci est beaucoup trop schématique, mais peut, néanmoins, faire mieux comprendre la nature du phénomène de l'assimilation ; la chose deviendrait bien plus claire et plus facile à expliquer si l'on connaissait la structure atomique des molécules des substances plastiques : on peut se proposer d'en chercher par le raisonnement, qui réalisent le desideratum exposé plus haut. La dissymétrie moléculaire considérée par M. Pasteur comme caractéristique des produits de la vie permettra peut-être de concevoir plus facilement la structure de la molécule plastique.

Dans tous les cas, sans connaître la particularité de structure atomique commune aux substances plastiques, nous pouvons affirmer que cette particularité existe ; je l'ai exprimée ailleurs (La matière vivante, *op. cit.*) en disant que les protoplasmas ont en commun un certain groupement atomique P, comme les alcools primaires ont en commun le groupement atomique :

$$\left(C{}^{H^2}_{OH}\right)$$

On appelle souvent *produits de désassimilation*, les substances du terme R de l'équation II ; la simple inspection de la figure prouve que cette appellation est mauvaise et provient d'une erreur d'interprétation. Les substances des triangles ELF ILJ, sont produites *en même temps* que les deux nouvelles molécules EGIL, FHJL, aux dépens, il est vrai, de certaines parties de la molécule ABCD : mais, quand une molécule engendre par sa destruction deux molécules semblables à elle, on ne peut vraiment pas parler raisonnablement de désassimilation.

chimique, que des réactions se passent entre elle et le bouillon dans lequel elle se trouve. Nous devrions donc nous attendre, d'après ce que nous savons des corps bruts, à voir diminuer la quantité de sa substance, usée par ces réactions constantes. Quand de l'alcool brûle, il s'use, parce que les parties de lui qui se sont combinées à l'oxygène ont donné de l'eau et de l'acide carbonique. Un corps brut $a$, qui est le siège d'une réaction chimique quelconque est usé par cette réaction en tant que corps $a$, les parties de lui qui ont réagi étant entrées par là même dans la constitution de corps chimiquement différents.

Eh bien, dans notre bactérie c'est le contraire qui a lieu; elle grandit au cours de l'observation. Il serait naturel de croire, que sa masse s'est additionnée de substances nouvelles, provenant des réactions précédentes et différant de celles qui existaient dans la bactérie au commencement de l'observation, de telle manière que cet accroissement de masse serait accompagné d'une perte des propriétés initiales. Une goutte de mercure qui s'oxyde augmente de poids, mais la masse qui résulte de cette oxydation n'est plus du mercure ; c'est un corps différent qui n'en a ni l'aspect extérieur ni les propriétés.

La seule observation suffit à prouver qu'il en est tout autrement pour la bactérie. Au bout de quelque temps elle a atteint une certaine dimension au delà de laquelle elle ne peut rester entière dans les conditions d'équilibre où elle se trouve, elle se divise en deux bactéries semblables à elle-même, comme une goutte d'huile d'un certain volume se divise en deux gouttes d'huile dans une eau agitée.

Et je dis deux bactéries *semblables*, absolument semblables, c'est-à-dire jouissant exactement des mêmes propriétés que celle d'où elles proviennent. En effet, chacune d'elles grandira et se divisera à son tour et, au bout d'un certain temps, le bouillon contiendra des milliers et des milliers de bactéries identiques à la pre-

mière, c'est-à-dire, dont l'une quelconque, transportée dans un bouillon identique à celui de notre première observation, nous offrira de nouveau le même spectacle, reproduira tous les mêmes phénomènes. Le bouillon, en revanche, se sera profondément modifié comme cela a lieu pour toutes les substances brutes quand elles sont le siège d'une réaction chimique.

Voilà un phénomène bien spécial. Supposons, pour fixer les idées, que la bactérie fût composée au début de notre observation de cinq substances essentielles à la production des phénomènes qui nous ont frappés; nous pouvons affirmer que ces cinq substances existent dans les mille et mille bactéries qui proviennent de la première et même, que chacune de ces cinq substances se trouve dans chacune de ces mille et mille bactéries en même quantité que dans la bactérie primitive, *puisque tout se reproduira indéfiniment de la même manière avec l'une quelconque d'entre elles comme point de départ si l'on renouvelle le bouillon*. Il est donc certain que ces cinq substances, au lieu de se détruire, se sont multipliées toutes de la même façon, par suite de réactions ayant eu lieu entre elles et un milieu déterminé.

M. Raulin a montré, par exemple, qu'une spore d'*Aspergillus niger* donne très rapidement des milliards de spores semblables si on l'introduit dans un liquide parfaitement défini que l'on peut obtenir par un mélange de produits de laboratoire [1].

Les substances plastiques dont je viens de parler sont très instables dans les conditions *ordinaires;* nous voyons en effet qu'elles sont attaquées, dans les conditions normales de notre propre existence par les réactifs les plus répandus dans la nature, eau, oxygène, etc. Seulement, quand toutes les substances d'un plastide A sont juxtaposées, elles sont préservées de la destruction si le milieu où elles se trouvent contient *tout* ce qui est nécessaire à la réaction synthétique représentée par

(1) Voir note page 107.

l'équation (II). Mais supposons qu'il manque un élément *nécessaire* à cette réaction. Cela n'empêchera pas de réagir entre elles les substances susceptibles de le faire ; il pourra y avoir destruction des substances plastiques qui, dans ce cas, disparaîtront puisqu'il n'y a plus synthèse des mêmes substances (voyez le chapitre suivant) : c'est ce que nous avons vu se produire quand le protoplasma était séparé du noyau, le noyau du protoplasma ; c'est pour cela aussi, que dans certains cas la suppression de l'oxygène amène la destruction des plastides.

Mais, cela n'arrive pas de toute nécessité. Il se peut que la suppression d'un des facteurs de la réaction représentée par l'équation (II) supprime la possibilité de *toute réaction* et que les substances plastiques se trouvent par suite à l'état d'indifférence chimique. J'étudierai plus loin ce cas dont rend compte l'expression *vie latente des plastides*.

Jetons un coup d'œil en arrière. Nous avons parcouru toute l'histoire d'un plastide dans les conditions normales. Résumons ce qui est commun à tous les plastides.

α. Tout plastide nous a apparu comme une masse limitée, séparée de l'eau ambiante et composée de substances dont les extérieures au moins sont insolubles, mais semblent pénétrables à l'eau.

β. Chaque plastide à une forme particulière à son espèce ; les différents groupes de substances non miscibles prennent aussi à son intérieur une forme spécifique ; nous devons penser, et je démontrerai dans le chapitre XI, que toutes ces formes spécifiques doivent être considérées comme les formes d'équilibre des substances chimiques correspondantes dans les conditions de l'observation.

γ. Nous avons vu aussi les divers modes suivant lesquels peut se faire l'*addition ;* la seule chose qu'on puisse y considérer comme générale est un phénomène d'osmose ou, si l'on préfère, de diffusion. Cela entre donc dans la propriété exposée au paragraphe α.

δ. Il n'y a rien de général dans le mouvement des plastides : les réactions de quelques espèces s'accomplissent sans qu'il y ait le moindre déplacement. Les substances plastiques sont toutes détruites bien au-dessous de 200° centigrades.

ε. Dans des conditions physiques déterminées (température), au sein d'un liquide aqueux contenant un certain nombre de substances *nécessaires* (déterminables pour chaque espèce de plastide) parmi lesquelles il faut toujours compter l'*oxygène*, les substances plastiques du plastide donnent lieu à une série de réactions dont la résultante, outre la production de certaines matières spéciales à chaque cas, mais parmi lesquelles il faut toujours compter l'acide carbonique, est l'augmentation en quantité de chacune de ces substances plastiques ; cela se produit au sein même du plastide et l'amas de chacune des substances plastiques augmente d'autant.

Les paragraphes α et ε comprennent tout ce qu'il y a de commun à tous les plastides. Ils constituent donc leur définition.

Somme toute, un plastide, dans l'acception la plus générale, nous apparaît comme une masse dans laquelle sont juxtaposées plusieurs substances ayant *en commun* une particularité chimique extrêmement curieuse. M. Delage[1] fait intervenir dans la description d'un plastide l'arrangement des parties en se fondant sur cette observation que l'écrasement est susceptible de le détruire. Mais un écrasement aussi fort que celui auquel il fait allusion n'est-il pas capable de produire une désorganisation *chimique* de substances aussi peu stables. Une expérience de Verworn a montré que le noyau se détruit très vite au contact direct de l'eau. Je suis tenté d'admettre, par tout ce que nous ont enseigné les expériences de mérotomie, que l'arrangement des parties d'un plastide provient uniquement de la

(1) *Op. cit.*, p. 749.

situation normale d'équilibre que prend chacune des substances qui le composent. *Un morceau de noyau dans un morceau de protoplasma* régénère tout le plastide avec les formes normales de toutes ses parties constituantes.

La définition, donnée plus haut, des plastides en général est-elle complète et ne prête-t-elle à aucune ambiguïté? Nous verrons qu'elle se rapporte à tous les plastides, que tout corps qui y répond doit être considéré comme un plastide, et que toute l'histoire des plastides s'y trouve contenue implicitement[1].

---

# CHAPITRE IX

## DÉFINITIONS

**Vie élémentaire manifestée.** — J'ai employé toujours précédemment autant que possible le mot plastide, de préférence aux expressions *corps vivant*, *être vivant*,... etc., qui prêtent à l'ambiguïté. Quand on parle d'un chien, d'un mouton, d'une carpe, on dit que ces êtres sont *vivants*, cela veut dire qu'ils sont *en train de vivre;* il n'y a pas, en effet, d'interruption dans ce que nous appelons *la vie* de ces êtres. C'est de l'étude des animaux supérieurs qu'est sorti cet adjectif *vivant* auquel sa forme de participe présent donne naturellement la signification de : en train de vivre. Nous ne concevons pas un chien vivant qui ne serait pas en train de vivre. Mais, avec les idées vitalistes répandues universellement on est arrivé rapidement à appliquer

(1) Mais on peut concevoir l'existence d'autres plastides ayant la même propriété d'assimilation dans des conditions où le chlore par exemple remplacerait l'oxygène.

le même adjectif, dans une acception que l'on croyait la même, à des corps plus simples, chez lesquels il arrivait à signifier en définitive : susceptible de vivre. Il ne pouvait en être autrement avec la notion du principe vital. Un grain de blé, un spore de champignon sont doués de vie, ont la vie, ils sont donc vivants. C'est de là qu'est venue l'expression « vie latente » s'appliquant à des êtres *vivants* dont la vie ne se manifeste pas avec ses caractères ordinaires, mais qui sont susceptibles de vivre dans des conditions convenables.

Il y a donc une difficulté dans la définition de l'expression « vie élémentaire », si nous voulons qu'elle s'applique à tous les êtres monoplastidaires qui sont aujourd'hui appelés *vivants*.

J'ai dit plus haut que l'équation (II) pouvait être considérée comme l'équation de la vie élémentaire ; alors la vie élémentaire serait l'ensemble des phénomènes qui résultent des réactions se passant entre un plastide et le milieu convenable à ce plastide. Mais dans ce cas nous ne pouvons plus appliquer ce terme « vie élémentaire » à un plastide qui se trouve en état d'indifférence chimique ; qu'est-ce en effet qu'un phénomène latent, une manifestation qui ne se manifeste pas ? Il est bien difficile de sortir de l'équivoque à laquelle nous condamne la langue actuelle.

Si nous nous en tenons au sens adjectif du mot vivant appliqué aux plastides, ce mot indiquera que ces plastides sont des plastides, et rien de plus ; il équivaudra au résumé de l'ensemble des caractères exposés plus haut dans la définition des plastides ; ce sera un mot inutile ; nous n'avons pas besoin de dire un *plastide vivant*, dans ces conditions, puisque aux termes de la définition même tout plastide est vivant. Nous disons : un alcool, une aldéhyde, et nous nous entendons clairement sans employer les pléonasmes : un alcool doué de la fonction alcool, une aldéhyde douée de la fonction aldéhyde.

Avec cette définition de l'adjectif vivant dira-t-on que la vie élémentaire est la propriété d'être vivant, c'est-à-

dire la propriété d'être un plastide. Tout à l'heure nous étudierons ce qu'on appelle la *mort* des plastides; l'antithèse entre le mot *vie* et le mot *mort* est dans le langage, et il nous est bien difficile, par suite, de sortir d'un cercle vicieux. Avec la définition donnée plus haut d'un plastide, ce qu'on appelle un plastide mort n'est plus un plastide; il n'y a donc pas lieu de spécifier qu'un plastide est vivant, puisque c'est un pléonasme, et il semble ridicule de définir la vie élémentaire : la propriété, pour un plastide, d'être un plastide. Quant à trouver une autre définition des plastides, cela semble difficile; on peut convenir, si l'on veut s'accorder avec le langage vulgaire, que la définition donnée plus haut se rapporte aux corps appelés « plastides vivants » à condition qu'on ne séparera jamais ces deux mots; c'est un enfantillage.

Nous avons défini les plastides par la possibilité, pour eux, de donner lieu dans des conditions déterminées aux réactions résumées dans l'équation (II). Nous ne pouvons définir la *vie élémentaire* l'accomplissement de ces réactions, puisque nous sommes obligés, dans l'état actuel de la langue, de concéder la *vie élémentaire* aux plastides à l'état d'indifférence chimique. Il faut donc que nous convenions d'une autre expression pour représenter ces réactions si caractéristiques et nous emploierons à cet effet la suivante : *vie élémentaire manifestée;* toujours pour nous conformer au vitalisme de la langue, nous appellerons *vie élémentaire latente* ou simplement *vie latente*, l'état d'indifférence chimique des plastides. Au point de vue de la précision du langage, ces expressions ainsi définies seront suffisamment claires; elles seront mauvaises au point de vue philosophique car elles s'accordent à maintenir en apparence une théorie reconnue mauvaise. Il faudra se décider à créer une nouvelle manière de s'exprimer, Pour le moment, contentons-nous d'assurer la précision du langage sans le modifier. J'ai suffisamment défini les plastides. Cela établi, j'appelle :

*Vie élémentaire*, la propriété, pour un corps, d'être un plastide ;

*Vie élémentaire latente*, l'état de repos, d'indifférence chimique d'un plastide :

*Vie élémentaire manifestée*, l'activité d'un plastide *dans les conditions* où se produisent les réactions synthétiques résumées par l'équation (II)[1] : nous pourrons en même temps appeler ces conditions, pour un plastide *A*, les conditions de la vie élémentaire manifestée du plastide *A*.

Avec cette dernière définition, la *vie élémentaire manifestée* comprendra toutes les manifestations résultant des réactions résumées par l'équation (II); le mouvement, l'addition, l'assimilation, seront des phénomènes de la vie élémentaire manifestée.

J'ai spécifié, que la vie élémentaire manifestée est l'activité d'un plastide *dans les conditions où se produisent les réactions de l'équation* (II); en dehors de ces conditions les phénomènes sont différents et il semble que cela nous crée de nouvelles difficultés.

1° Considérons un plastide à l'état de vie élémentaire manifestée et, sans rien changer par ailleurs, enlevons-lui son noyau. (Expériences de mérotomie, voyez p. 75 et 90.) Si nous observons, quelques minutes seulement, le protoplasma restant, nous ne constatons pas de de différence importante dans les phénomènes apparents ; les mouvements sont les mêmes,... etc. Cependant, une observation plus longue nous apprend que l'*assimilation* ne se produit plus.

Avec les définitions précédentes il n'y a pas d'équivoque possible; le protoplasma séparé du noyau n'est pas doué de vie élémentaire; son activité chimique, dans les conditions de la vie élémentaire manifestée du plastide correspondant, n'est pas la vie élémentaire manifestée. Mais, direz-vous, elle en a toutes les apparences ! sans doute, et c'est même là une chose très

(1) L'aspergillus dans du liquide Raulin, à 15°, par exemple.

intéressante d'où se dégageront plus tard des conclusions d'une importance capitale; et cela prouve que nous avions raison de nous défier au début. Immédiatement après la mérotomie, le mérozoïte sans noyau se comporte, au cours d'une observation de courte durée exactement de la même façon que le plastide tout entier; il nous donne l'illusion d'un plastide à l'état de vie élémentaire manifestée ; ce n'est qu'une illusion.

Le protoplasma a donc avec le plastide un grand nombre de propriétés communes ; il ne les a pas toutes. Il manque précisément *quand il est seul*, de cette propriété dont la généralité nous a seule permis une définition de la vie élémentaire, l'assimilation. Mettez du protoplasma de plastide A, dans le milieu qui remplit les conditions de la vie élémentaire manifestée du plastide A, il aura l'air de vivre, il ne vivra pas.

C'est pour cela que j'ai préféré le terme « substance plastique » au terme « substance vivante » quand j'ai énoncé plus haut (v. p. 109) la remarque suivante : chacune des *p* substances plastiques d'un plastide possède la *propriété* de s'accroître en quantité, quand, *juxtaposée aux* (*p-1*) *autres*, elle est plongée dans un milieu déterminé. Je sais bien qu'on peut tourner la difficulté et dire : chacune de ces *p* substances est douée de vie élémentaire ; les conditions de sa vie élémentaire manifestée sont : 1° la juxtaposition des (*p-1*) autres, 2° les conditions de milieu nécessaires à la vie élémentaire manifestée du plastide correspondant.

Ne serait-ce pas jouer sur les mots ? et ne vaut-il pas mieux conserver à ces *p* substances le nom suffisamment spécial de substances plastiques ou substances protoplasmiques si on le préfère (quoique ce terme doive d'appliquer également aux substances du noyau) que de les appeler substances vivantes ? La dénomination de plastiques ou protoplasmiques est, je le repète, assez spéciale pour rappeler sans équivoque la particularité chimique très curieuse commune à ces *p* substances, et

les distinguer *absolument* des substances du milieu[1], ce qui nous sera indispensable dans la suite, particulièrement dans l'étude de métazoaires.

2° Supposons qu'au lieu de supprimer un des éléments du plastide, nous supprimions un des éléments du milieu, nécessaire à la vie élémentaire manifestée du plastide; il peut se présenter deux cas : cet élément enlevé, aucune réaction ne se produit plus; il y a indifférence chimique, *vie latente ;* ou bien, des réactions continuent à se produire entre des substances capables de s'attaquer mutuellement ; il y a destruction du plastide, mort du plastide.

Ces deux cas peuvent être grossièrement comparés aux suivants que j'emprunte à la chimie minérale et dans lesquels je mets en parallèle la production de chlore et la production de substances plastiques dans la vie élémentaire manifestée :

Nous chauffons du chlorure de sodium avec de l'acide sulfurique et du bioxyde de manganèse; nous obtenons un dégagement de chlore (production de chlore, vie élémentaire manifestée).

Supprimons l'acide sulfurique ; nous n'obtenons rien, et notre mélange reste apte à produire du chlore quand nous voudrons ajouter de l'acide sulfurique (indifférence chimique, vie latente).

Ne supprimons pas l'acide sulfurique, mais supprimons le bioxyde de manganèse ; nous obtenons autre chose que du chlore et, au bout de quelque temps notre mélange ne peut plus nous donner de chlore, même si nous ajoutons l'élément tout à l'heure nécessaire (des-

(1) Pour cela il est nécessaire de se rendre compte de la chose suivante : les substances R par exemple ne prennent pas part aux réactions de la vie élémentaire manifestée et cependant, si on fait une observation *quelque temps après le commencement* de celle-ci, on voit que les substances R existant déjà dans le milieu, augmentent pendant l'observation, mais leur production est indépendante de la quantité des mêmes substances qui préexistait dans le milieu et qui reste inerte au cours des réactions, ce qui les distingue des substances plastiques. Voir p. 131.

truction; mort). Je vais étudier successivement ces deux cas.

**Vie élémentaire latente.** — *Corpora non agunt nisi soluta.* Quoiqu'il ne faille pas prendre ce vieil adage au pied de la lettre, il nous fait prévoir immédiatement que la déshydratation sera une bonne condition de vie latente; et, en effet, chacun sait que des milliers d'organismes existent à l'état d'indifférence chimique[1] dans les poussières de l'air sec; les expériences de M. Pasteur l'ont amplement prouvé. Il ne s'ensuit pas, pour cela, que la déshydratation pure et simple d'un plastide le conduise toujours à la vie latente; dans beaucoup de cas la destruction peut survenir au cours de la déshydratation. Nous sommes assurés par exemple que telle *amibe* peut, dans certaines conditions, arriver à l'état d'indifférence chimique, puisque nous trouvons cette *amibe* à l'état de vie élémentaire manifestée dans une infusion faite avec du foin *sec* et de l'eau stérilisée, et cependant, si nous laissons évaporer rapidement l'eau de la préparation dans laquelle nous l'observons, nous la voyons se détruire définitivement. En croyant nous placer dans le premier des cas énumérés tout à l'heure (indifférence chimique), nous nous sommes trouvés dans le second (destruction). Il nous est difficile en général, dans l'état actuel de la science, de déterminer les conditions dans lesquelles, un plastide *A* passe à l'état de vie latente, mais ces conditions se trouvent fort souvent réalisées dans la nature comme nous le prouve l'immense quantité de *germes* répandus dans l'air sec. Nous assistons souvent aussi au passage d'un plastide à l'état d'indifférence chimique *dans un milieu aqueux* par suite de la disparition d'une des conditions nécessaires à sa vie élémentaire manifestée, et cette observation prouve que les conditiones nécessaires sont

(1) Nous verrons un peu plus loin que cette vie élémentaire latente n'est qu'un cas particulier de la destruction, mais de la destruction extrêmement lente.

différentes pour les diverses espèces de plastides, car nous voyons les unes passer à l'état de vie latente, pendant que d'autres, dans une même infusion, continuent à manifester leurs réactions ordinaires.

**Mort élémentaire.** — L'expression *vie latente* a été créee par des vitalistes à cause de l'idée préconçue de l'antithèse des expressions *vie* et *mort*. La vie, principe immatériel, se manifeste chez un être vivant; elle manque chez un être mort; il faut qu'elle existe à l'état *latent* chez un être qui n'est pas mort et où cependant la vie n'est pas manifeste.

Soit une spore d'*Aspergillus*. Nous savons que c'est une spore d'*Aspergillus*, comme nous savons que l'alcool d'un flacon étiqueté est de l'alcool; c'est-à-dire que nous savons quels phénomènes produira cette spore quand nous la mettrons dans du liquide Raulin. On dit que cette spore est à l'état de vie latente. Est-ce nécessaire ? Oui, dira-t-on, car vous pouvez avoir une spore d'*Aspergillus* qui est *morte* et qui est également en état d'indifférence chimique. — Mais alors, ce n'est plus une spore d'*Aspergillus*.

Quand j'ai vu cette spore se produire, je l'ai étiquetée « spore d'*Aspergillus* »; je suppose en parlant d'elle qu'elle a été depuis lors à l'état d'indifférence chimique et c'est à cette seule condition que je sais ce que c'est. Je puis avoir mis dans un flacon étiqueté une solution de chlorhydrate de morphine ou de toute autre substance se conservant difficilement en solution aqueuse à l'air; je veux m'en servir au bout d un an et je constate que ce n'est plus une solution de chlorhydrate de morphine; c'est que cette substance n'est pas restée à l'état d'indifférence chimique comme je le croyais.

L'expression « spore d'*Aspergillus* » représente quelque chose de très bien défini pour moi comme l'expression « chlorhydrate de morphine ». Je ne sais pas écrire la structure atomique des diverses substances qui constituent la spore d'*Aspergillus*, mais je sais *exactement*

quels phénomènes se produiront quand je la plongerai dans du liquide Raulin à une température déterminée. Si ces phénomènes ne se produisent pas, c'est que je n'ai plus affaire à une spore d'*Aspergillus*, c'est que mon chlorhydrate de morphine n'est plus du chlorhydrate de morphine.

Je sais bien qu'un grand nombre de réactions peuvent détruire une ou plusieurs des substances de la spore sans en altérer la forme et les caractères optiques ; c'est là une des causes de l'erreur vitaliste.

Voici deux spores d'*Aspergillus ;* je laisse la première intacte et je lave l'autre dans une solution étendue de nitrate d'argent. Au microscope je ne puis pas les distinguer l'une de l'autre ; mais, est-ce que je distingue à l'œil un flacon contenant de l'eau d'un flacon semblable contenant une solution de sel marin ? Je distinguerai l'eau salée de l'eau par ses réactions chimiques ; je distinguerai la spore d'*Aspergillus* du corps qui lui ressemble en les trempant tous deux dans du liquide Raulin.

Les minéraux ont en général des formes cristallines tellement caractérisées qu'on les reconnaît à l'œil ou au goniomètre sans avoir besoin d'en faire l'analyse chimique, mais il se produit dans certains cas ce que l'on appelle la pseudomorphose d'un cristal déterminé. Un cristal de calcite, par exemple, se trouve enchâssé dans une roche résistante ; la calcite se dissolvant dans une eau chargée d'acide carbonique, il reste le moule du cristal ; que des substances quelconques se déposent ensuite dans ce moule, elles y formeront une masse qui, si la roche extérieure se délite à son tour, aura tous les caractères géométriques d'un cristal de calcite.

Eh bien, nous pouvons dire de la même façon que ce que l'on obtient en lavant au nitrate d'argent une spore d'*Aspergillus* est la pseudomorphose d'une spore d'*Aspergillus*.

Considérons dans une goutte d'eau un protozoaire *A ;* ajoutons de l'ammoniaque à l'eau ; le protozoaire dis-

paraît, toutes ses substances, modifiées, sont dissoutes; *il n'est plus question de lui.* Ajoutons au contraire de l'acide osmique, le protozoaire est fixé; toutes ses substances, modifiées, sont devenues insolubles et stables sans changer de forme; il reste dans l'eau, la pseudomorphose de *A* et non pas *A*. Le protozoaire *A* était un ensemble de substances chimiques qui n'existe plus.

Dans les deux cas nous disons que le protozoaire est mort; la mort d'un plastide est donc la *destruction* de ce plastide dans tous les cas. Dans le cas où il reste une pseudomorphose du plastide, il est mauvais de dire que c'est un *plastide mort;* il n'y a plus de plastide, il y en a une image, une pseudomorphose[1], mais le plastide est détruit.

Supposons un corps combustible qui ne perde pas sa forme en brûlant; la combustion laissera une image de ce corps. Stahl croyait qu'il suffisait d'ajouter du phlogistique à cette image pour reproduire le corps combustible; les vitalistes croient qu'il suffit d'ajouter la vie à la pseudomorphose d'un plastide pour reproduire le plastide.

Lavoisier a montré que le résultat de la combustion est plus lourd que le corps combustible. Nous ne pouvons pas peser un plastide dans l'eau, mais il est bien probable que la pseudomorphose d'un plastide obtenu par l'acide osmique par exemple, est d'un poids différent de celui du plastide. La mort d'un plastide peut être le résultat d'un très grand nombre d'actions chimiques dont les unes se traduisent par une addition, les autres par une soustraction de substance à la *masse* qui le constituait. La continuité de l'existence du plastide en tant que *masse* délimitée dans le millieu ambiant n'est pas interrompue par la mort dans le cas où les conditions sont telles qu'il s'est produit une pseudomorphose;

(1) Cette expression pseudomorphose, empruntée à dessein aux sciences physiques, équivaut en définitive à l'expression *cadavre* qui a l'inconvénient d'être spéciale aux êtres vivants, mais qui est parfaitement claire et peut être conservée.

c'est cette même continuité qui faisait naître la notion de l'individualité du plastide, qui fait employer l'expression de *plastide mort* pour désigner le corps qui reste après la mort du plastide quand ce corps ressemble au plastide d'où il provient.

L'adjectif *mort* ne doit pas s'accoler au substantif plastide, puisque ces deux mots représentent deux idées inconciliables. Un corps ne peut pas à la fois être un plastide et être mort, c'est-à-dire ne pas être un plastide.

Le mot *mort* ne s'emploie pas en chimie; on ne dit pas que du sodium est mort parce qu'au contact du chlore il est devenu du sel. Nous sommes obligés par la langue courante de l'employer dans la chimie des plastides, mais il équivaut exactement à l'expression *destruction chimique ;* il est d'ailleurs extrêmement vague et représente suivant les cas, une infinité de phénomènes différents. Si un plastide ne reste pas à l'état d'indifférence chimique, ou bien les conditions sont celles de sa vie élémentaire manifestée et alors il croît, ou bien elles sont différentes, et alors sa destruction est fatale. *La mort d'un plastide est donc le résultat*[1] *de toute réaction qu'il subit en dehors des conditions de sa vie élémentaire manifestée.*

Il importe de ne laisser aucune obscurité dans cette constatation qui est de la plus grande importance. La vie latente elle-même n'est probablement jamais l'indifférence chimique absolue. Dans la plupart des cas connus, elle correspond à une destruction très lente des substances plastiques du plastide. Je considère par exemple un lot de spores d'aspergillus dans un flacon bien sec, à l'abri de tous les agents de destruction rapide. Tant que la destruction d'une au moins des substances plastiques ne sera pas complète, j'obtiendrai une germination en semant dans du liquide Raulin quel-

(1) Au bout d'un temps assez long dans certains cas, immédiatement dans d'autres. Voir chapitre XIV.

ques spores prélevées dans le flacon, le flacon contiendra bien encore des *spores d'aspergillus*. Au bout d'un certain temps, la germination sera devenue impossible, les corpuscules contenus dans le flacon ne seront plus des *spores d'aspergillus*, on dira que ces spores sont mortes; pendant tout le temps qui a précédé leur mort elles étaient à l'état de vie latente, c'est-à-dire de destruction lente.

La mérotomie ne nous a pas permis de nous assurer de la nécessité des $p$ substances plastiques dans la vie élémentaire manifestée; nous savons seulement qu'il faut quelques substances du protoplasma et quelques substances du noyau; admettons, pour faciliter le langage, et cela est d'ailleurs probable, que les $p$ substances soient indispensables (s'il n'y en a que $p - r$ d'indispensables réellement, on pourra transformer la proposition en l'adaptant à ces $p - r$ substances). Nous dirons donc alors d'une manière précise qu'un plastide est à l'état de vie latente, tant que, au cours de la destruction très lente dont il est l'objet, aucune de ses $p$ substances essentielles n'est complètement détruite. Dans ces conditions si on lui fournit le milieu de la vie élémentaire manifestée, il sera le siège d'une synthèse assimilatrice qui réparera rapidement les pertes subies pendant la destruction lente et il croîtra en se divisant, tant que les conditions resteront convenables.

La vie latente n'est donc qu'un cas particulier de la destruction organique qui en dehors des conditions très spéciales de la vie élémentaire manifestée mène fatalement le plastide à la mort; je conserve néanmoins ce cas de la vie latente comme un cas spécial méritant un nom spécial et j'établis le tableau suivant :

Un plastide peut se trouver dans trois conditions :

Condition n° 1. *Vie élémentaire manifestée;* c'est-à-dire, activité chimique dans un milieu où sont réunis tous les éléments nécessaires à l'accomplissement des synthèses que résume l'équation (II).

Condition n° 2. *Destruction;* c'est-à-dire activité chi-

mique dans tout milieu autre que celui qui est nécessaire à la vie élémentaire manifestée. Cette *destruction* mène fatalement à la *mort* si les conditions ne changent pas avant que l'une des substances essentielles du plastide soit complètement détruite ; un mérozoïte sans noyau [1] se trouve donc toujours dans la condition n° 2.

Condition n° 3 *Vie latente ;* c'est-à-dire indifférence chimique presque absolue ou destruction très lente; ce n'est qu'un cas particulier de la condition n° 2.

Somme toute, ceci étant établi d'une manière précise, on voit que la vie élémentaire manifestée est le cas particulier, l'exception, et que la destruction menant à la mort est un cas de beaucoup plus général.

Quand nous avons fait réagir sur un plastide une substance qui le détruit tout en lui conservant sa forme nous ne savons pas, le plus souvent, revenir au corps d'où nous sommes partis, par une opération chimique inverse ; autrement dit, même quand nous savons quelle est la substance dont la réaction sur le plastide a produit la mort de ce plastide, nous sommes incapables de régénérer le plastide par l'opération chimique inverse. Cela n'a cependant pas toujours lieu ; les substances nommées anesthésiques ont la propriété de contracter avec certaines substances des plastides des combinaisons instables qui, en se dissociant, restituent le plastide avec toutes ses propriétés primitives ; nous assistons donc dans ce cas à la genèse d'un plastide issu d'un *corps mort ;* additionné de chloroforme, un plastide ne peut en effet être considéré comme se trouvant à l'état d'indifférence chimique, puisqu'il est dans les conditions de la vie élémentaire manifestée ; or il ne manifeste pas les réactions de la vie élémentaire manifestée, donc ce n'est pas un plastide. J'étudierai les anesthésiques et les poisons au chapitre de l'*Irritabilité*.

(1) Dans le cas d'une gromie, le mérozoïte sans noyau qui s'ajoute de nouveau à la gromie nucléée (v. *Addition*) passe ainsi de la condition n° 2 à la condition n° 1.

J'ai donné, dans le chapitre qui finit, un certain nombre de définitions que l'on pourra accepter ou rejeter; une définition exige une entente puisque c'est une convention. Dans tous les cas, ces définitions sont précises et sont données *a posteriori* pour relier entre eux des phénomènes dûment constatés et absolument généraux; elles ne s'appuient sur aucune hypothèse, à moins que l'on ne considère comme une hypothèse d'admettre que les lois naturelles sont générales et s'appliquent à tous les corps qui existent, indistinctement.

Une telle rigueur de définition est inutile en zoologie ou en botanique, quand il ne s'agit que de décrire des formes, mais elle est indispensable en biologie, car on n'a pas le droit de discuter sur des faits d'observation en employant une langue confuse et qui préjuge de la nature des phénomènes à étudier.



Somme toute, la *vie élémentaire* est la propriété d'avoir une certaine composition *chimique*, comme la *fonction alcool*, la *fonction aldéhyde ;* la *vie élémentaire manifestée* est un phénomène *chimique;* la destruction conduisant à la mort des plastides est un phénomène *chimique*.

J'ai été, naturellement et sans hypothèse, amené à considérer tous ces phénomènes comme dépendant du domaine de la chimie. D'aucuns ont vu dans la vie une manifestation physique ; or :

La chimie traite des phénomènes qui se passent au contact des corps, en tant que ces phénomènes amènent un changement complet dans la constitution de ces corps.

La physique est l'étude des phénomènes qui n'apportent pas de changements permanents dans la nature des corps.

Il est certain qu'au cours d'une observation de peu de durée, les manifestations de l'activité d'un plastide à l'état de vie élémentaire manifestée semblent entrer dans la seconde catégorie parce que l'assimilation cons-

titue, au moyen d'éléments nouveaux, de quoi réparer les pertes qui se manifesteraient sans elle et qui se manifestent efficacement quand une condition nécessaire manque comme nous l'avons vu. Mais se rend-on compte d'un phénomène physique, électrique, par exemple, qui, se manifestant un certain temps dans une barre de fer, aurait produit au bout de ce temps deux barres de fer identiques à la première.

Qu'il y ait des phénomènes physiques concomitants, cela n'a rien qui puisse étonner ; nous ne connaisons pas de réaction chimique qui se produise sans dégagement de chaleur, de lumière ou d'électricité. C'est par là que, précisément, la chimie et la physique se donnent la main. Mais, le fonctionnement d'une pile est-il un phénomène physique ? non n'est-ce pas ; les conditions de ce fonctionnement sont des conditions chimiques. Eh bien, considérons une spore d'*aspergillus*, c'est un corps nettement défini ; le liquide Raulin aussi ; leur union réalise des conditions *chimiques* qui sont les conditions de la vie élémentaire manifestée de l'*aspergillus*. Il faut en même temps, à la vérité, une certaine température ; mais cela n'est-il pas une nécessité de toute réaction chimique ? Les manifestations de la vie élémentaire sont à la fois d'ordre chimique et d'ordre physique, mais ses conditions, entre des limites de température déterminée, sont d'ordre exclusivement chimique, quant au plastide et quant au milieu.

L'équation de la vie élémentaire, équation II du chapitre précédent, permet de séparer immédiatement des substances plastiques, certaines substances dont la production accompagne toujours la vie élémentaire manifestée de quelques plastides et qui font partie du terme *R* de l'équation ; telle, par exemple, la cellulose dans les plastides végétaux. Je sais bien que la quantité de cellulose augmente au cours de la vie élémentaire manifestée, mais elle est constamment un produit de fabrication, et n'intervient jamais elle-même dans la fabri-

cation d'une nouvelle quantité de sa substance, les expériences de mérotomie l'ont prouvé. La cellulose est donc inerte dans la vie élémentaire manifestée, elle est sans cesse un produit des *réactions*, elle n'en est pas l'*agent*, ou si elle est agent, elle doit entrer dans le terme Q de l'équation, car, ce qui provient de son intervention, c'est *autre chose* que de la cellulose. En d'autres termes, à n'importe quel moment de la vie élementaire manifestée, on peut supposer éliminée toute la cellulose du premier terme de l'équation II, il s'en produira dans le second [1] (expériences de mérotomie de Nussbaum, Grüber, Klebs, etc.) ; la cellulose peut être aliment ou excrément, elle n'est pas substance plastique. Il en est de même d'un certain nombre de substances, graisses, réserves, etc., qui, au point de vue de la vie élémentaire manifestée doivent être considérées comme des substances du milieu, quoique incorporées quelquefois au plastide ; il faut considérer le plastide comme composé uniquement de ses substances plastiques, actives dans la vie élémentaire manifestée. Je ne fais que signaler ici cette particularité sur laquelle j'aurai ultérieurement l'occasion de revenir.

---

## CHAPITRE X

### CONTINUITÉ DE LA SUBSTANCE DU PLASTIDE

Je considère un plastide A à l'état de vie élémentaire manifestée ; tous les phénomènes qui me frappent

(1) Ou bien, si l'on préfère, le $\lambda$ de ces substances n'est pas déterminé même dans des conditions parfaitement fixées, car on peut faire varier la quantité de cellulose du premier terme sans que change celle du second ; la quantité de cellulose produite en un temps donné est indépendante de la quantité de cellulose préexistante.

quand je regarde rapidement ce plastide et qui font que je reconnais son espèce (mouvement, addition etc.) sont, nous l'avons vu, des manifestations des propriétés du protoplasma de ce plastide ; je retrouve par conséquent ces mêmes phénomènes dans un morceau de protoplasma séparé de l'ensemble de A, et c'est ce que nous ont montré les expériences de mérotomie. Le protoplasma, mis dans la condition n° 2 par la mérotomie, se comporte vis-à-vis du milieu, absolument comme le même protoplasma quand il était dans la condition n° 1 pendant son adhérence à la masse du plastide ; les réactions qui se passent entre le protoplasma et le milieu, dans un plastide complet, sont donc les mêmes que si le noyau n'existait pas. Or, c'est seulement en présence du noyau que se produit la vie élémentaire manifestée. La conclusion de tout cela est que les phénomènes de la vie élémentaire manifestée *sont successifs ;* il y a d'abord réactions entre le protoplasma et le milieu (et de ces réactions, uniquement, dépendent tous les phénomènes constatables par l'observation de courte durée), puis réactions entre le protoplasma et le noyau (et de ces réactions dépend le phénomène d'assimilation).

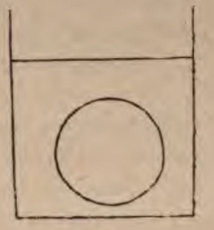


Fig. 6.

Imaginez une sphère d'huile en suspension au centre d'un liquide aqueux, et supposez dans l'atmosphère qui touche la surface libre du liquide aqueux, une substance capable de modifier ce liquide et l'huile qu'il contient. Il y aura d'abord réaction entre l'atmosphère et le liquide de la surface libre, exactement comme si l'huile n'existait pas (fig. 6) ; puis petit à petit, par diffusion, l'huile sera attaquée aussi, et les produits de cette dernière réaction pourront, s'ils sont solubles dans l'eau, influer à leur tour sur le liquide aqueux ambiant.

Il y aura eu phénomène rapide et partiel, justiciable de l'observation de courte durée, entre l'atmosphère et

le liquide aqueux (phénomènes protoplasmiques) puis réaction du liquide aqueux modifié au bout d'un certain temps avec l'huile suspendue à son intérieur et diffusion dans la masse totale des produits de cette réaction (phénomène total, justiciable de l'observation de longue durée).

Eh bien, dans le cas d'un plastide, la conclusion des expériences de mérotomie s'impose : Le protoplasma réagit avec le milieu comme s'il était seul (condition 2 par conséquent, destruction), puis les produits de cette réaction destructive donnent lieu en agissant sur le noyau à la synthèse d'une quantité de substances plastiques plus grande que celle qui a été détruite[1].

Et pour que cela ait lieu, il faut qu'il y ait *continuité* dans la masse du plastide ; le *voisinage* des deux mérozoïtes provenant d'un même plastide ne suffit pas pour préserver de la destruction celui des deux qui est dépourvu de noyau ; c'est que, les substances qui réagissent entre elles dans la synthèse assimilatrice définitive ne sont pas solubles dans l'eau et ne peuvent par conséquent s'attaquer les unes les autres qu'à condition d'être en contact immédiat.

Mais quand cela a lieu, comme dans un plastide normal, une molécule extérieure du terme $Q$ de l'équation réagit d'abord avec le protoplasme, puis, le résultat de cette réaction, avec le noyau ; encore doit-on peut-être admettre un plus grand nombre de réactions successives avec les divers éléments du protoplasma et les divers éléments du noyau. Dans tous les cas, l'équation (II) représente le résultat de réactions *successives* portant sur les substances représentées par le terme $Q$. La succession de ces réactions semble très rapide en général, mais il est certain qu'il y a succession.

Supposons maintenant que nous ayons affaire à un plastide très allongé, ayant son noyau à une extrémité,

(1) Il y a aussi à tenir compte, comme dans le cas de la goutte d'huile, de l'action ultérieure du noyau sur le protoplasma ambiant.

et imaginons des conditions extérieures telles qu'une réaction déterminée se produise seulement à l'autre extrémité du corps protoplasmique (fig. 15) ; naturellement, les conditions extérieures sont celles de la vie élémentaire manifestée dans le cas que nous étudions.

Nous savons que l'assimilation ne peut pas être le résultat de cette seule réaction ; il faut que le noyau intervienne, or il intervient, puisque nous sommes, par hypothèse, dans les conditions de la vie élémentaire manifestée. Cette intervention peut se produire de deux manières : ou bien il y aura transport direct, vers le noyau, des produits de la réaction lointaine considérée, comme cela a lieu, par exemple dans l'écoulement centripète du protoplasma des pseudopodes de gromie ; ou bien, sans qu'il y ait transport de ces produits eux-mêmes, il pourra se faire qu'ils réagissent sur une partie immédiatement voisine du protoplasma, laquelle, ainsi modifiée, réagira à son tour sur une nouvelle partie protoplasmique, et ainsi de suite jusqu'au noyau qui doit forcément intervenir, nous l'avons vu, pour qu'il y ait assimilation. Il y aura donc, dans tous les cas, *transmission* au noyau d'un résultat de la réaction locale considérée.

Dans le cas de la gromie, nous ne devons concevoir aucun doute sur la manière dont s'effectue cette transmission, puisque le courant protoplasmique centripète est facile à suivre au microscope, c'est aussi le cas dans les plastides où s'observe la circulation protoplasmique ; mais, supposons, ce qui n'a pas lieu dans la réalité, qu'un plastide vivant isolément possède un prolongement protoplasmique identique au cylindraxe d'un élément nerveux de vertébré. Ce cylindraxe est, on le sait, tout à fait dépourvu de courants optiquement constatables. Or, si nous étudions ce plastide dans les conditions de sa vie élémentaire manifestée, toute cause, d'ordre quelconque, qui modifie l'extrémité distale du prolongement sera suivie de la transmission au noyau

d'un effet déterminé ; en effet, une telle modification ne pourrait pas être réparée si le noyau n'existait pas ou n'intervenait pas, comme nous l'ont appris les expériences de mérotomie et le filament se détruirait ainsi petit à petit, ce qui n'a pas lieu, puisque nous avons supposé que le plastide est dans les conditions de la vie élémentaire manifestée [1].

Il y a donc transmission et cette transmission s'opère très rapidement à travers le prolongement hyalin, dans lequel aucun transport de substance ne peut s'observer optiquement ; un transport de substance se faisant [2] avec cette rapidité (30 mètres environ à la seconde) aurait d'ailleurs de quoi surprendre et c'est pourquoi certains auteurs ont considéré l'*influx nerveux* comme étant de nature purement physique et présentant une certaine analogie avec l'électricité, par exemple. Il n'est pas facile de concevoir comment un simple phénomène physique pourrait lutter constamment contre la destruction chimique dont l'extrémité du filament considéré est sans cesse le siège, comment il expliquerait, par exemple, la régénération du cylindraxe que nous étudierons plus loin. On se heurterait à moins de difficultés en admettant une transmission chimique de proche en proche, un transport de la modification chimique sans transport affectif de substance, chaque molécule se déplaçant très peu pour son propre compte et étant successivement détruite et reconstituée au moyen d'atomes nouveaux comme cela a lieu, d'après Grothus dans les molécules liquides polarisées entre les électrodes d'un voltamètre [3]. Un phénomène de cet

(1) Nous verrons plus loin que ce filament se détruit précisément, chez les vertébrés, quand il est séparé de l'élément nerveux duquel il dépend.

(2) Voyez plus bas. Métazoaires. Système nerveux.

(3) « Dans l'électrolyse de l'eau, l'oxygène se dégage sur l'électrode positive, l'hydrogène sur l'électrode négative. Grothus a donné une explication de ce phénomène.

On peut admettre que le passage du courant à travers l'eau a pour effet d'orienter les molécules d'eau de la même manière.

ordre serait en rapport avec la structure atomique probable des substances plastiques (v. note de la page 111).

Pour les plastides chez lesquels existe une circulation protoplasmique évidente, il est inutile de faire intervenir un tel processus dans l'explication de l'assimilation, mais pour ceux chez lesquels cette circulation ne semble

Si l'on conçoit *une chaîne de molécules d'eau* entre les deux électrodes, l'oxygène de chaque molécule est dirigé du côté de l'électrode positive ; l'hydrogène est dirigé du côté de l'électrode négative :

$$- H^2O\ H^2O\ H^2O\ H^2O\ H^2O\ H^2O\ H^2O\ +$$

La décomposition s'opère sur chaque molécule ; l'oxygène et l'hydrogène des molécules extrêmes sont mis en liberté et la recomposition de l'eau s'effectue entre l'oxygène d'une molécule et l'hydrogène de la molécule voisine :

$$- H^2\ OH^2\ OH^2\ OH^2\ OH^2\ OH^2\ OH^2\ O\ +$$

Le passage du courant rétablit l'orientation des molécules d'eau, une nouvelle décomposition s'effectue, et ainsi de suite. (Moutier, *Cours de physique*, 1886.)

La seule chose que j'emprunte à cette théorie de Grothus c'est le fait de la décomposition et de la recomposition successives qui se produisent entre deux molécules voisines, ce qui permet un dégagement des parties constitutives d'une molécule d'eau en deux points très éloignés (— et +), sans que chaque atome ait fait un chemin plus grand que la distance de deux molécules voisines. On peut supposer les molécules de substances plastiques juxtaposées les unes aux autres de manière à rendre possible une telle série de décompositions et de recompositions successives sans qu'il y ait transport effectif de substance. La recomposition d'une molécule de substances plastiques aux dépens des débris de molécules préexistantes doit être une chose très facile à cause de la structure particulière qu'elles manifestent dans le phénomène de l'assimilation (v. note p. 111). Rien de plus simple alors, si l'on détruit par une action mécanique quelconque une molécule d'un cylindraxe de nerf par exemple, que la transmission rapide de cette *excitation* dont le résultat sera de mettre en liberté, à l'un des bouts de la chaîne moléculaire considérée, une partie de molécule complémentaire de celle qui a été détruite à l'autre bout. C'est cette partie de molécule ainsi *transmise* sans transport effectif de matière qui déterminerait les effets de l'influx nerveux. Cette série de décompositions et recompositions successives est accompagnée de phénomènes électriques (oscillation négative).

pas exister, la transmission de proche en proche, de la périphérie au noyau, s'impose de toute nécessité. Je reviendrai ultérieurement, à propos de l'influx nerveux chez les métazoaires, sur cette question de la *conductibilité protoplasmique.*

---

# CHAPITRE XI

## IRRITABILITÉ

J'ai déjà parlé (ch. v) de cette propriété de l'irritabilité attribuée par Claude Bernard à tous les protoplasmas vivants et j'ai essayé de montrer que, telle qu'elle est définie par l'illustre physiologiste, cette propriété n'est nullement un attribut exclusif des protoplasmas et ne peut servir à les définir.

J'avais exposé ailleurs[1] auparavant, l'existence d'une contradiction formelle entre deux définitions de l'irritabilité, données successivement dans les « Leçons sur les phénomènes de la vie communs aux animaux et aux végétaux ». De ces deux définitions l'une était générale, l'autre particulière à chaque protoplasma. Quelle que soit celle à laquelle nous nous arrêtons, nous voyons dans l'irritabilité une simple conséquence des faits de *transmission* exposés au chapitre précédent.

L'irritabilité est, dit Claude Bernard : « la propriété que possède tout élément anatomique, c'est-à-dire, le protoplasma qui entre dans sa constitution, d'être mis en activité et de réagir d'une certaine manière sous l'influence des excitants extérieurs. »

(1) *La matière vivante*, p. 31.

Et d'abord, qu'est-ce qu'un excitant ? Il suffit de réfléchir quelques instants pour se rendre compte que ce mot se rapporte à tout agent physique ou chimique qui détermine, *en un point de la périphérie du plastide*, une modification *chimique* du protoplasma. Tous les *tactismes* et *tropismes* étudiés dans le chapitre II sont les conséquences des *excitations* produites par les agents étudiés. Tel protoplasma est *sensible* à la lumière violette, tel autre ne l'est pas : c'est que la lumière violette produit en son point d'incidence sur le premier plastide une modification chimique d'une molécule protoplasmique, modification chimique qui se transmet dans l'ensemble du plastide, de telle manière que, comme je l'ai exposé plus haut, à chaque destruction d'une molécule protoplasmique corresponde une reconstitution d'une nouvelle molécule protoplasmique au moins, en vertu du phénomène d'assimilation.

La seule différence qu'il y ait entre l'*excitation* d'un plastide par un agent extérieur, et l'*excitation* correspondante d'un composé chimique instable quelconque, c'est que la destruction chimique d'une partie du premier par l'excitant est compensée par un phénomène d'assimilation qui manque dans le second ; l'excitation du second le détruit en tant que composé chimique ; celle du premier le laisse intact ; nous retrouvons la propriété fondamentale qui distingue les plastides vivants des corps bruts, l'*assimilation*.

Pour ce qui est de la transformation de l'excitation en un mouvement ou une réaction de *nature différente*, cela n'est pas particulier aux plastides vivants. Un rayon lumineux *fait détoner* un mélange de chlore et d'hydrogène, de même qu'un rayon lumineux, ou une substance chimique *met en mouvement* un plastide phototactique ou chimiotactique. Le plastide d'une part, le mélange hydrogène-chlore d'autre part, ont réagi à l'excitation extérieure en transformant cette excitation. La seule différence est, je le répète, dans l'assimilation.

L'irritabilité revient donc à ceci : Dans un plastide, un choc par exemple produit un phénomène *chimique* local qui se généralise à la masse totale de l'être et s'accompagne de la manifestation physique caractéristique de l'espèce dans ces conditions. Cette manifestation n'est pas accompagnée, comme chez les corps chimiques ordinaires, de destruction.

L'idée de l'irritabilité des protoplasmas semble donc provenir de la facilité avec laquelle, chez certaines espèces, une action physique extérieure détermine un phénomène chimique intérieur se traduisant à nous par ce que nous appelons un *fonctionnement*. Le mot irritabilité est emprunté, *à tort*, aux animaux supérieurs, chez lesquels un choc produit un phénomène réflexe qui s'accompagne quelquefois, chez l'homme, d'un processus conscient d'irritation.

En résumé, l'irritabilité se rapporte à la fois à l'instabilité des substances plastiques et à l'assimilation qui masque cette instabilité dans les plastides à l'état de vie élémentaire manifestée.

Je viens de prononcer le mot *fonctionnement*. Ce mot provient d'une comparaison avec des machines accomplissant une besogne déterminée ; il faut donc qu'il y ait quelque chose de spécial dans la manière de se comporter des plastides.

En effet, une des choses qui nous frappent immédiatement quand nous observons une goutte d'eau dans laquelle grouillent des Protozoaires est l'extraordinaire variété des manifestations de leur vie élémentaire et, particulièrement, de ce que nous remarquons le plus, leurs formes et leurs mouvements ; c'est ce qui nous fait dire que nous voyons plusieurs *espèces* de plastides.

Mais toutes ces manifestations *spécifiques*, nous les remarquons en très peu de temps ; un simple coup d'œil jeté dans le champ du microscope nous permet, si nous sommes préparés à cela, de reconnaître l'*espèce* des plastides qui s'y trouvent ; toutes ces manifestations

spécifiques, étant justiciables de l'observation de courte durée sont donc des manifestations des propriétés du protoplasma des plastides considérés; il y a donc autant de protoplasmas que d'espèces de plastides; les propriétés des protoplasmas sont les propriétés spécifiques des plastides.

L'irritabilité, au premier sens où l'entend Claude Bernard, est donc la manifestation des propriétés du protoplasma des plastides, quand ce protoplasma, uni au noyau, se trouve dans les conditions de la vie élémentaire manifestée. Si, d'après le grand physiologiste, l'irritabilité est attribuable au protoplasma seul, c'est que le noyau, toujours contenu dans le protoplasma, ne réagit jamais *directement* sous l'influence des excitants extérieurs; mais, en réalité il est fort probable que les noyaux sont aussi spécifiques que les protoplasmas; nous ne pouvons cependant pas l'affirmer puisque, somme toute, nous déterminons les espèces par les propriétés de leurs protoplasmas.

Dans tous les cas, toutes ces considérations nous amènent naturellement à nier l'unité de la *vie élémentaire, manifestée*, malgré l'unité du terme employé. La vie élémentaire manifestée d'une amibe est très différente de la vie élémentaire manifestée d'une gromie; le protoplasma de l'amibe est différent de celui de la gromie. C'est pour cela que j'ai proposé de donner au protoplasma de chaque espèce, le nom même de l'espèce, de dire par exemple de l'*Aspergillus* pour du protoplasma d'Aspergillus, etc.[1]; en résumé, quand il s'agit de spécification, *il suffit de parler des protoplasmas*. Mais toutes les substances plastiques, tant du protoplasma que du noyau, ont en commun une particularité spéciale qui les distingue de tous les autres corps de la chimie; nous l'avons vu plus haut et il est inutile d'y revenir (v. p. 111 en note); cette particularité doit tenir à une particularité commune de structure atomique[2].

(1) *La matière vivante*, p. 112.
(2) *Id.* Fonction P, p. 31 et 148.

**Anesthésiques et poisons.** — Certaines substances introduites dans le milieu où un plastide trouve réalisées les conditions de sa vie élémentaire manifestée, arrêtent cette vie élémentaire manifestée ; c'est qu'elles contractent avec quelques-unes des substances du plastide des combinaisons qui ne sont plus des substances plastiques, ou au moins des combinaisons telles que l'ensemble des substances désormais concomitantes dans ce qui était le plastide, ne constitue plus un plastide. On dit alors que le plastide est empoisonné; la substance introduite dans la réaction est un poison[1].

Il y a des poisons généraux, c'est-à-dire des substances susceptibles d'arrêter la vie élémentaire manifestée de toutes les espèces de plastides sans exception (le bichlorure de mercure à dose suffisante, par exemple) ; il y a des poisons spéciaux à certaines espèces de plastides, et absolument inoffensifs pour d'autres espèces, ce qui prouve une fois de plus les différences chimiques des protoplasmas des diverses espèces. C'est l'existence de ces poisons spéciaux à certaines espèces qui nous donnera l'explication de la succession des faunes dans un aquarium de dimensions limitées (v. p. 180). C'est aussi sur l'existence de ces poisons spéciaux qu'est basée la thérapeutique de certaines maladies microbiennes (tuer le parasite sans nuire à l'hôte ; la quinine par exemple, tue les *Hemamœba Laverani* à un degré de concentration où elle est inoffensive pour l'organisme humain). Enfin, telle espèce animale mange couramment et en abondance telle espèce végétale qui est un poison violent pour une autre espèce animale, et n'en est pas incommodée.

Certains poisons ont une action qui n'est pas défini-

(1) Certains poisons contractent avec les substances plastiques des combinaisons solubles ; leur action se traduit alors par une disparition totale du plastide ; d'autres donnent des combinaisons insolubles ; la pseudomorphose du plastide se conserve alors plus ou moins longtemps suivant que les substances résultant de l'action du poison sont plus ou moins vite attaquées par le milieu.

tive; l'alcool, par exemple, accumulé dans un moût qui fermente sous l'action de la levure de bière, arrête, lorsqu'il a atteint un certain degré de concentration, la vie élémentaire manifestée de cette levure; elle l'empoisonne donc, puisque, à part la présence de l'alcool, le moût contient précisément tout ce qui est nécessaire à la condition n° 1 de la levure. Et en effet, la levure passe à la condition n° 2 et est condamnée à une destruction fatale, à moins qu'on la transporte dans un moût neuf dépourvu d'alcool. Si on renouvelle son milieu de cette manière avant qu'elle soit restée trop longtemps à la condition n° 2, on la voit recommencer à vivre et à faire fermenter le moût. C'est que la combinaison contractée par l'alcool avec une ou plusieurs de ses substances plastiques était instable, était susceptible de dissociation dans un milieu pauvre en alcool et c'est ce qui a lieu en effet; les substances plastiques modifiées redeviennent substances plastiques par cette dissociation, la condition n° 1 est de nouveau réalisée; la vie manifestée recommence.

Ces poisons, qui contractent avec les plastides des combinaisons instables se détruisant dès que le milieu devient pauvre quant à sa teneur en ce poison même, sont les anesthésiques, que Cl. Bernard appelle *les réactifs naturels de toute* substance vivante : « Ces substances jouissent de la faculté de suspendre l'activité du protoplasma de quelque nature qu'elle soit et de quelque manière qu'elle se manifeste. Tous les phénomènes qui sont vraiment sous la dépendance de l'irritabilité vitale sont suspendus ou supprimés définitivement; les autres phénomènes, de nature purement chimique (?) qui s'accomplissent dans l'être suivant sans le secours de l'irritabilité (v. paragraphe précédent) sont au contraire respectés. De là un moyen extrêmement précieux de discerner dans les manifestations de l'être vivant, ce qui *est vital de ce qui ne l'est pas*[1] *!* »

(1) Cl. Bernard. *Leçons sur les phénomènes de la vie*, p. 25?.

Tout cela se traduit facilement en disant que les anesthésiques font passer les plastides de la condition n° 1 à la condition n° 2 avec possibilité de retour à la condition n° 1 si on renouvelle le milieu.

Autrement dit : il y a deux modes possibles d'activité chimique pour un plastide ; l'activité chimique à l'état de vie élémentaire manifestée, laquelle est accompagnée d'assimilation, l'activité chimique dans toute autre condition, laquelle est accompagnée de destruction. C'est à ces deux modes d'activité chimique que Claude Bernard fait allusion quand il dit que les anesthésiques distinguent « ce qui est vital de ce qui ne l'est pas » ; c'est aussi ce qu'il faut entendre constamment dans le passage suivant qui établit les propriétés générales des anesthésiques :

« Les anesthésiques agissent sur tous les éléments organiques ; avec une certaine dose, au bout d'un certain temps, tous sont atteints. Cette vérité extrêmement importante au point de vue de la physiologie générale, ressort des expériences de Claude Bernard exposées en 1877 au congrès de l'association Française... Au fait bien connu de l'influence des vapeurs d'éther et de chloroforme sur la sensitive, Claude Bernard en ajoute un grand nombre d'autres. Le cœur détaché du corps de la grenouille et de la tortue cesse de battre dans une atmosphère éthérisée et reprend ses contractions dès que cette atmosphère est écartée. Les vapeurs anesthésiantes arrêtent l'agitation des cils de l'épithélium vibratile et les font tomber dans un repos passager. Des essais exécutés avec les graines du chou, de la rave, du lin, de l'orge et du cresson alénois montrent que la germination est arrêtée par les anesthésiques (éther, chloroforme, bromure d'éthyle, etc.) et marche ensuite avec activité lorsqu'on les soustrait à ce contact. Tandis que la germination est suspendue, les phénomènes chimiques suivent leurs cours, la respiration continue et les digestions de l'amidon et du sucre continuent comme à l'ordinaire. Dans cet ordre d'idées, Müntz a observé

que les organismes de la levure de bière, *Saccharomyces cervisiæ*, cessent de produire la fermentation alcoolique, phénomène intimement lié, comme l'on sait, à leur activité vitale, mais continuent à produire le phénomène chimique de digestion, en vertu duquel le sucre ordinaire est transformé en glucose[1]. Ce qui est vrai du ferment figuré levure de bière, l'est également de tous les autres ferments figurés. En un mot, les phénomènes véritablement caractéristiques de la vitalité sont abolis[2] ; les autres vont leur train ordinaire. Les anguillules du blé niellé chez lesquels on suspend les manifestations vitales par la dessiccation, reprennent leur vie active, après un laps de temps que l'on veut, lorsqu'on les immerge[3] ; mais si c'est avec l'eau éthérisée qu'on les humecte, la réviviscence n'a point lieu[4] : elle tarde jusqu'au moment où l'on remplace cette eau éthérisée par de l'eau ordinaire.

« Enfin, si l'on expose aux mêmes agents des plantes aquatiques, *Potamogeton*, *Spirogyra*, elles continuent à respirer au sens ordinaire du mot, c'est-à-dire à exécuter le phénomène universel, d'essence chimique, qui se traduit par l'absorption d'oxygène et l'exhalation d'acide carbonique ; mais le phénomène, si essentiellement vital de la respiration chlorophyllienne, attribut du protoplasma vert des plantes, est aboli pendant tout le temps que dure l'épreuve[5]. »

Claude Bernard appelle ces substances les *anesthésiques de l'irritabilité*, parce qu'elles empêchent l'irritabilité, c'est-à-dire les propriétés chimiques des plastides de se manifester comme elles le font d'ordinaire dans la condition n° 1. Cela veut dire en réalité qu'elles

(1) Réactions du plastide à la condition n° 2.

(2) C'est-à-dire qu'il n'y a plus vie élémentaire manifestée, mais qu'il y a néanmoins activité chimique (condition n° 2).

(3) Condition n° 3 ; vie latente ; anhydrobiose de A. Giard.

(4) Passage de la condition n° 3 à la condition n° 2.

(5) A. Dastre. *Etude critique des travaux récents sur les anesthésiques.*

contractent des combinaisons avec les substances plastiques et modifient ainsi leurs propriétés; quelques-unes des substances *R* de l'équation II sont généralement anesthésiques de l'espèce correspondante (v. p. 246, *Fatigue*).

---

# CHAPITRE XII

## MORPHOLOGIE ET PHYSIOLOGIE DES PLASTIDES

Reste la question de la forme spécifique des plastides.

Claude Bernard, ayant admis *à priori* l'unité de la substance vivante, est conduit à penser de cette question ce qui suit :

« Il importe, ainsi que nous l'avons déjà dit, de distinguer chez l'être vivant la *matière* et la *forme*.

La matière vivante, le protoplasma n'a point de morphologie en soi, nulle complication de figure, ou du moins (et cela revient au même), il a une structure et une complication identiques. Dans cette matière *amorphe* ou plutôt *monomorphe* réside la vie, mais la *vie non définie*, ce qui veut dire que l'on y retrouve toutes les propriétés essentielles dont les manifestations des êtres supérieurs ne sont que des expressions diversifiées, des modalités plus hautes. Dans le protoplasma se rencontrent les conditions de la synthèse chimique qui assimile les substances ambiantes et crée les produits organiques ; on y retrouve, ainsi que nous l'avons montré, l'irritabilité, point de départ et forme particulière de la sensibilité.

Ainsi, le protoplasma a tout ce qu'il faut pour vivre ; c'est à cette matière qu'appartiennent toutes les propriétés qui se manifestent chez les êtres vivants. Cepen-

dant, le protoplasma seul n'est que la matière vivante ; il n'est pas réellement un *être vivant*. Il lui manque la forme qui caractérise la *vie définie*.

En étudiant le protoplasma, sa nature, ses propriétés, on étudie pour ainsi dire la vie à l'état de nudité, la *vie sans être spécial*. Le plasma est une sorte de chaos vital qui n'a pas encore été modelé et où tout se trouve confondu, faculté de se désorganiser et de se réorganiser par synthèse, de réagir, de se mouvoir, etc.

L'être vivant est un protoplasma façonné ; il a une forme spécifique et caractéristique. Il constitue une machine vivante dont le protoplasma est l'agent réel. *La forme de la vie est indépendante de l'agent essentiel de la vie*, le protoplasma, puisque celui-ci persiste *semblable* à travers les changements morphologiques infinis.

La forme ne serait donc pas une conséquence de la nature de la matière vitale. Un protoplasma *identique dans son essence* ne saurait donner origine à tant de figures différentes. Ce n'est point par une propriété du protoplasma que l'on peut expliquer la morphologie de l'animal ou de la plante. » (*Leçons sur les phénomènes de la vie*, p. 292.)

C'est de l'idée préconçue de l'unité de la vie, idée qu'il ne pouvait tirer d'aucun résultat expérimental, que le grand physiologiste est arrivé à cette notion confuse et mystique de la forme des êtres vivants. Tout nous a amenés à admettre l'existence de substances chimiques[1] telles que les réactions de chacune d'elles sont précisément celles *d'une espèce déterminée de plastides*. Voyons maintenant ce que nous pouvons tirer des expériences de mérotomie au sujet de la morphologie.

α). 1° Toutes les fois que le noyau est présent dans le protoplasma d'un plastide A à l'état de vie élémentaire manifestée, la composition de ce protoplasma reste

(1) Les protoplasmas.

constante, autrement dit, il s'y fabrique entre autres choses, du protoplasma spécifique A.

2° Toutes les fois que le noyau est absent, la composition varie, le protoplasma A se détruit petit à petit et n'est pas reconstitué (condition n° 2).

β). 1° Toutes les fois que le noyau est présent dans un plastide à l'état de vie élémentaire manifestée, une ablation quelconque de substance est réparée petit à petit ; *il y a régénération de la forme primitive du plastide.*

2° Toutes les fois que le noyau est absent, il n'y a pas régénération de la forme primitive du plastide.

γ). Aucune expérience ne nous donne le droit d'attribuer au noyau quelque influence que ce soit sur les manifestations de toute nature de l'activité d'un protoplasma supposé maintenu de composition constante.

De l'ensemble des propositions précédentes se dégage avec netteté la conclusion suivante qui s'impose :

*Pour un protoplasma de composition chimique déterminée, il y a une forme spécifique déterminée, qui est la forme d'équilibre de ce protoplasma à l'état de vie élémentaire manifestée.*

Il est vrai que pour que cette forme spécifique s'obtienne, il faut que la composition du protoplasma reste assez longtemps constante, ce qui n'a lieu que sous l'influence du noyau (condition n° 1) ; mais nous ne pouvons accorder au noyau aucune influence directe sur l'établissement de cet équilibre. En d'autres termes, un noyau entouré d'une couche *amorphe* de protoplasma spécifique aussi petite qu'on voudra mais encore susceptible d'addition, fabriquera de la substance spécifique, et cette substance spécifique quand elle sera assez abondante prendra comme forme d'équilibre à l'état de vie élémentaire manifestée, la forme spécifique correspondante.

Il n'y a pas que la forme qui soit déterminée dans l'établissement de cet équilibre ; il y a aussi la dimension dans de certaines limites ; l'équilibre ne saurait

exister au-dessous d'une certaine taille spécifique minima ; il ne saurait subsister au-dessus d'une certaine taille maxima. — C'est pour cela que, dans les expériences de mérotomie, les mérozoïtes dépourvus de noyau ne prennent pas quand ils sont trop petits la forme d'équilibre spécifique[1], même pendant les premiers temps où ils sont encore de composition spécifique ; ils ne la prennent jamais ultérieurement, puisqu'ils se désorganisent.

C'est pour cela aussi que, quand il y a fabrication d'une trop grande quantité de substance spécifique, la dimension d'équilibre maxima ne pouvant pas être dépassée, il y a division, comme nous le verrons ultérieurement[2].

Quand le noyau est conservé, la régénération de la forme spécifique est toujours plus ou moins lente ; c'est un phénomène de tout point comparable à la cicatrisation des cristaux.

Si l'on fournit à un cristal cassé une solution de substance semblable à la sienne, il se régénère avec sa forme caractéristique.

Si on laisse son noyau à un plastide coupé, c'est-à-dire, si on lui laisse le moyen de s'additionner de substance semblable à la sienne, il se régénère avec sa forme caractéristique[3].

Si l'on ne fournit pas à un cristal cassé de substance

(1) Dans ses expériences sur les radiolaires, M. Verworn a constaté que des fragments assez grands, dépourvus de noyaux, reprenaient au bout de quelque temps la forme spécifique d'équilibre, avant la dégénération.

(2) Voyez page 155.

(3) Il faut remarquer que lorsqu'on fait une expérience de mérotomie sur un plastide, on modifie la proportion des substances plastiques de ce plastide (lorsqu'on enlève par exemple un morceau de protoplasma sans toucher au noyau) et, en vertu de l'équation II cette proportion ainsi modifiée doit se conserver ensuite ; nous ne nous en apercevons guère chez les protozoaires où les dimensions plus ou moins grandes du noyau nous frappent peu, mais le résultat d'une telle expérience dans l'œuf d'un métazoaire peut avoir dans le développement de l'être des conséquences très importantes.

semblable à la sienne, ou si l'on enlève son noyau à un plastide coupé, il n'y a pas régénération.

En un mot, de même que pour les substances chimiques cristallines, *il y a un rapport déterminé entre la composition chimique des protoplasmas et la forme d'équilibre de leur vie élémentaire manifestée.*

Ce résultat très important que nous tirons des expériences de mérotomie, nous aurions pu le prévoir en remarquant que toutes les réactions d'une espèce de plastide (phototropiques, chimiotropiques..... etc.) sont déterminées par sa forme spécifique; autrement dit, quand nous voyons un plastide de forme déterminée, nous l'appelons A et nous savons par la seule constatation de sa forme (quand elle nous frappe par des caractères assez nets) qu'il réagira de telle ou telle façon, dans telle ou telle condition; et réciproquement quand on nous dit que tel plastide a réagi de telle ou telle façon dans telle ou telle condition nous en concluons que c'est le plastide A et nous savons quelle est sa forme.

Il y a un lien immuable entre la morphologie et la physiologie des plastides.

On se demande d'où a pu venir à Claude Bernard l'idée opposée; pour lui le protoplasma (unique) est une substance amorphe, comme l'amibe par exemple qui, précisément, n'a pas de forme spécifique déterminée. Mais si on le met dans un moule de diatomée, ce sera une diatomée; si on le met dans un moule de levure, ce sera une levure. Voilà donc une substance chimique qui, suivant la forme qu'on lui donnera, aura des propriétés chimiques différentes! il est bien difficile de l'admettre et aucune observation ne peut faire naître dans l'esprit une conception si extraordinaire.

C'est pour avoir méconnu ce lien de la morphologie et de la physiologie que Claude Bernard, imbu malgré ses immortelles découvertes, des idées vitalistes régnantes a commis l'erreur téléologique suivante: « En admettant que les phénomènes vitaux se rattachent

à des manifestations physico-chimiques, ce qui est vrai, la question, dans son essence, n'en est pas éclaircie pour cela, car ce n'est pas une rencontre fortuite de phénomènes physico-chimiques qui construit chaque être sur un plan et suivant un dessin *fixes et prévus d'avance*, et suscite l'admirable subordination et l'harmonieux concert des actes de la vie. » (*Leçons sur les phénomènes de la vie, communs aux animaux et aux végétaux*, p. 50.)

J'ai parlé tout à l'heure des limites supérieure et inférieure de la dimension spécifique des plastides ; il est assez facile de se rendre compte de la nécessité du maximum par la conductibilité indispensable à l'assimilation, toutes les substances nucléaires étant accumulées au centre de la masse protoplasmique. Une simple comparaison avec des gouttes d'huile en suspension dans un liquide agité suffirait à expliquer d'ailleurs qu'un maximum s'impose pour les dimensions de la masse, toujours chimiquement agitée, d'un plastide à l'état de vie élémentaire manifestée. Mais la conductibilité *ad nucleum* rend compte du fait que la bipartition du protoplasma accompagne naturellement *dans la plupart des cas*, la bipartition du noyau[1]. Quant à la nécessité d'un minimum, on en trouve un exemple dans la dimension des globules gras des émulsions. Je reviendrai ultérieurement sur ces remarques.

Mais avant de quitter ce sujet de la morphologie des plastides, je dois attirer l'attention sur une erreur que l'on tend souvent à commettre, celle qui consiste à attribuer au noyau une importance particulière dans le plastide, une importance plus grande que celle du protoplasma par exemple[2].

(1) Le noyau formant, somme toute, une sorte de centre d'attraction dans le protoplasma.

2) « Le noyau est un appareil de synthèse organique, l'instru-.ent de la production, le germe de la cellule. » Claude Bernard. *Op. cit.*, p. 198.

Toutes les expériences de mérotomie, dans lesquelles nous n'avons suivi jusqu'à présent que le sort du protoplasma, nous ont montré que la présence du noyau est nécessaire à la conservation de la constitution de ce protoplasma, mais, si nous nous étions placés à un point de vue différent, nous aurions de même constaté que le protoplasma est, exactement de même, nécessaire à la conservation de la constitution du noyau.

Dans le phénomène total de l'assimilation, *toutes* les substances plastiques d'un plastide sont multipliées en quantité par un coefficient déterminé et l'observation courante de laquelle j'ai tiré l'équation (II) de la vie élémentaire manifestée ne montre aucune différence dans la manière dont se comportent à ce point de vue les substances du noyau et les substances du protoplasma.

Il y a bien certains éléments chimiques qui semblent communs à tous les noyaux et qui manquent le plus souvent aux protoplasmas. Le phosphore existe par exemple dans une substance appelée chromatine qui est l'une des substances plastiques du noyau. Les substances plastiques nucléaires doivent donc avoir en commun certaines propriétés que n'ont pas les substances plastiques protoplasmiques, mais *toutes* les substances plastiques sans exception ont en commun la propriété exposée plus haut (p. 109) et qui fait qu'une association de $p$ d'entre elles est susceptible d'assimilation.

On peut dire, somme toute, que dans l'état d'équilibre d'un plastide à l'état de vie élémentaire manifestée, quelques-unes des substances plastiques, qui se rassemblent au centre de la masse, ont en commun certaines propriétés qui manquent aux autres substances plastiques réparties à la périphérie. Cette particularité de composition qui caractérise les substances nucléaires se traduit facilement à l'œil par une avidité plus grande pour certaines matières colorantes (d'où le nom de chromatine), ce qui permet de mettre le noyau en évidence dans les préparations histologiques.

Les substances plastiques nucléaires forment, suivant les espèces, un plus ou moins grand nombre de masses non miscibles et incluses les unes dans les autres ; je n'insiste pas ici sur l'histologie comparée du noyau, que l'on trouvera dans tous les traités de zoologie et de botanique.

Qu'il suffise de savoir qu'en étudiant la série des plastides on assiste à une complication du noyau par localisation des éléments constitutifs, analogue à celle que l'on constate dans le protoplasma des plastides eux-mêmes depuis le rhizopode jusqu'à l'infusoire cilié. Il est d'ailleurs possible dans certains cas [1], de suivre chez un même noyau en évolution cette différenciation progressive. Chez certains Radiolains, par exemple, la substance du noyau est d'abord complètement translucide et homogène ; on y voit bientôt apparaître le filament long et pelotonné dans lequel se localise la chromatine.

Le noyau peut se mouvoir dans le plastide comme le plastide se meut dans l'eau, et ses mouvements peuvent être attribués aux échanges de substances entre lui et le protoplasma ; sa forme varie souvent comme celle d'une amibe pendant ces mouvements.

**Le noyau dans la mérotomie**. — Un premier résultat relatif au noyau dans les expériences de mérotomie est que, mis au contact direct de l'eau il se désorganise rapidement ; le noyau à l'état de vie élémentaire manifestée n'est stable que dans le protoplasma de son espèce.

M. Verworn a essayé de transplanter un noyau, du protoplasma d'une espèce dans celui d'une autre espèce ; le noyau s'est toujours dégénéré ; mais il est vrai qu'au cours du transport il s'était trouvé au contact de l'eau.

Cette destruction du noyau peut se rapporter à une rupture brusque d'un équilibre d'échanges très complexe.

M. Balbiani a élucidé un point extrêmement important de l'histoire du rôle du noyau dans la régénération ; c'est

(1) Voyez le chapitre suivant.

la détermination de la quantité de substance nucléaire nécessaire à cette opération.

Il a étudié particulièrement cette question sur le Stentor qui possède un long noyau moniliforme : « Un Stentor ayant été divisé transversalement en trois fragments, un antérieur, contenant un chapelet nucléaire de six grains, un moyen ne renfermant qu'un seul grain et un postérieur de quatre grains; tous les trois étaient complètement régénérés le lendemain en Stentors complets et, bien que le fragment moyen à un seul grain nucléaire dût subir des transformations beaucoup plus nombreuses et plus profondes que les deux autres, sa régénération s'était faite dans le même temps que ceux-ci et il était devenu un Stentor aussi parfait que ces derniers, seulement plus petit en raison de la différence de taille que présentaient les trois fragments au moment de la section. Ajoutons que son unique grain primitif s'était transformé dans le même temps en un chapelet nucléaire de cinq grains qui était, proportion gardée, presque aussi développé que le chapelet de six articles de l'individu postérieur. Dans d'autres expériences analogues, le grain unique était renfermé dans un fragment postérieur ou un fragment longitudinal du corps, et les résultats ont toujours été les mêmes. Nous devons conclure de ces faits que la quantité de substance nucléaire n'exerce aucune influence ni sur le degré de perfection, ni sur la marche de la régénération, et qu'un simple article du noyau se comporte à cet égard comme le noyau tout entier. »

L'observation de M. Balbiani est importante à plusieurs points de vue. Elle prouve d'abord qu'il y a régénération du noyau *avec sa forme spécifique*, de même qu'il y a régénération du protoplasma avec sa forme spécifique.

La synthèse organique qui se produit dans le plastide sous les influences combinées du protoplasma et du noyau produit, d'une part des substances protoplasmiques dans le protoplasma, d'autre part des substances

nucléaires dans le noyau, et toutes ces substances conservent constamment les mêmes propriétés et la même forme d'équilibre à l'état de vie élémentaire manifestée.

Le noyau n'est pas comparable à un organe ; il agit comme substance chimique, puisqu'une *portion* de noyau, dans une *portion* du protoplasma correspondant produit les mêmes synthèses qu'un noyau entier dans plastide entier ; un fragment de plastide dans lequel il n'y a plus ni forme protoplasmique, ni forme nucléaire, reproduit normalement la forme protoplasmique et la forme nucléaire [1].

La vie élémentaire manifestée d'un plastide nous semble donc ramenée en dernière analyse à l'ensemble des réactions de deux groupes de *substances* plus ou moins complexes, les substances protoplasmiques et les substances nucléaires, dans certaines conditions d'humidité, d'oxygénation, de température.... etc. Mais rien ne nous autorise à attribuer à l'un de ces groupes de substances une importance prépondérante dans la vie élémentaire manifestée du plastide ; le protoplasma est aussi nécessaire au noyau que le noyau au protoplasma, et c'est aussi bien pour le protoplasma que pour le noyau que l'on peut affirmer l'existence d'un rapport nettement établi entre la morphologie et la physiologie.

---

# CHAPITRE XIII

## ÉVOLUTION DU PLASTIDE

Nous savons qu'à l'état de vie élémentaire manifestée, un plastide s'accroît sans cesse ; nous savons aussi que

(1) Avec, peut-être, des variations dans les proportions des diverses substances plastiques constituantes (v. note p. 149).

cet accroissement est limité par un maximum de la dimension d'équilibre possible et qu'il est en conséquence suivi d'une division. L'accroissement, les variations de forme qui l'accompagnent et la division qui en résulte, constituent l'évolution du plastide.

Parlant en langue mathématique, on peut donc dire que l'étude de l'évolution d'un plastide est la discussion de l'équation (II) de sa vie élémentaire manifestée. Or, il suffit d'examiner cette équation pour se rendre compte qu'avec le temps, les substances Q diminuant, les substances R s'accumulant, les conditions du phénomène changent *si aucune cause étrangère n'intervient*. Le cas le plus simple sera évidemment celui dans lequel les conditions ne changent pas et c'est celui que j'étudierai d'abord.

Premier cas. — *Evolution d'un plastide en milieu illimité*, c'est-à-dire dans un milieu suffisamment vaste (la mer ou un fleuve par exemple) pour que pendant fort longtemps les conditions ne changent guère par suite de la vie élémentaire manifestée du plastide lui-même, ou bien, dans un milieu fréquemment renouvelé d'une manière artificielle, ou enfin dans un milieu où les activités combinées d'autres plastides entretiennent une constance de composition suffisante.

Dans ces conditions, l'évolution de beaucoup d'espèces ne présente rien de remarquable ; une bactérie, par exemple, dans un bouillon renouvelé, s'accroît sans changer de forme, reste semblable à elle-même au cours de toute sa croissance et se bipartit quand elle a atteint son maximum de dimension en donnant deux bactéries semblables à ce qu'elle était elle-même au début de l'observation. La forme d'équilibre de la vie élémentaire manifestée ne change pas avec la quantité de la substance du plastide ; s'il n'y avait que des espèces comme celles-là, le mot évolution serait à peu près inutile.

Chez d'autres espèces, la forme varie avec la dimension ; on peut comparer cette variation de forme à celle

d'une goutte de liquide qui grossit petit à petit au bord d'un robinet mal fermé ; quand une dimension limite est atteinte, dimension limite déterminée par la tension superficielle du liquide et son poids spécifique, la goutte se détache et tombe, une autre goutte recommence à se former au même endroit et *repasse exactement par les mêmes formes que la précédente*, chaque volume liquide étant absolument lié dans les conditions de l'observation, à une forme d'équilibre déterminée. Sauf la bipartition qui manque dans la goutte d'eau, cet exemple rend un compte très exact de l'évolution de certaines espèces de plastides. C'est ainsi que chez certains flagellates on observe un véritable développement et l'apparition progressive des caractères spécifiques.



Fig. 7.

Coupe d'une Biloculine par le plan de symétrie, perpendiculairement à l'axe d'enroulement. (Le pointillé représente le protoplasma sorti par l'ouverture o de la loge 4 et qui formera la 5e loge).

Cette évolution se marque de caractères très spéciaux chez les Foraminifères. Je considère par exemple une Biloculine au cours de son développement ; elle a un certain nombre $n$ de loges dont la $n^{ième}$ s'ouvre[1] à l'extérieur par un orifice O (fig. 7), mais on ne voit à la fois que deux loges, la $n^{ième}$ et la $n$-$1^{ième}$ à cause du phénomène de recouvrement des loges les unes par les autres qui caractérise le genre considéré. Au moment où je l'observe, à l'état de vie élémentaire manifestée, son protoplasma s'accroît et ne peut tenir, par conséquent, dans la coque calcaire préexistante ; il déborde donc par l'ouverture O et s'étend petit à petit de manière à recouvrir toute la paroi externe de la $n$-$1^{ième}$ loge (fig. 7), puis à un certain moment, quand cette quantité externe de protoplasma est assez considérable, il apparaît à son

(1) Dans la figure 7, la $n^{ième}$ loge est la quatrième.

extérieur une croûte calcaire qui forme la $n+1^{ième}$ loge et transporte à l'autre extrémité l'ouverture O′ de la coque (fig. 7). Le phénomène continue de la même façon avec l'ouverture O′ comme point de départ[1].

Il est facile de se rendre compte de ce phénomène discontinu de la formation des loges calcaires par une sursaturation du protoplasma déterminant à un moment donné la précipitation en certains points choisis de quelques substances calcaires. Une fois cette précipitation opérée, le protoplasma n'est plus sursaturé, mais sa vie élémentaire manifestée continuant dans les mêmes conditions, les mêmes substances calcaires (appartenant au groupe R de l'équation II) continueront de s'y produire comme auparavant ; elles redeviendront sursaturantes, et, précisément quand le protoplasma se sera accru du volume d'une loge nouvelle, se précipiteront à nouveau de manière à former la paroi de cette loge nouvelle, et ainsi de suite. De telle sorte que le squelette calcaire du plastide restera un témoignage de son évolution. Je reviendrai, après avoir étudié l'évolution en milieu limité, sur le dimorphisme particulier à ces intéressants plastides[2].

Il reste à étudier un cas très spécial d'évolution, signalé par Maupas chez certaines espèces de plastides, les infusoires ciliés par exemple ; mais ce cas ne se distingue des autres que si l'on poursuit son observation pendant un certain nombre de bipartitions successives.

Nous avons vu qu'au cours d'une observation de durée relativement petite, si nous allons jusqu'à la seconde bipartition, par exemple, tout nous porte à croire que les plastides au temps T″ sont *identiques* au plastide d'où nous étions partis au temps $T_0$. *Cela est rigoureusement vrai pour la plupart des plastides* (Bactéries, etc.) et pour ces espèces, si le milieu est renouvelé comme nous le supposons toujours puisque

(1) Voyez les mémoires de Munier Chalmas et Schlumberger.

(2) Voir page 169.

nous sommes actuellement occupés du cas d'un milieu illimité, il n'apparaît, *au bout d'un nombre de bipartitions aussi grand qu'on veut*, aucune variation si petite qu'elle soit, dans la constitution des plastides. *L'équation II est rigoureusement exacte.*

Mais supposons, que pour une espèce déterminée, il se soit produit de petites différences encore insensibles au temps T″, au bout de deux bipartitions ; il est possible que nous les remarquions au temps $T_1$, au bout d'un grand nombre de bipartitions, si elles ont continué de s'accroître pendant tout l'intervalle considéré. C'est précisément ce qu'a décrit Maupas chez les infusoires ciliés sous le nom de phénomènes de *sénescence*[1].

Cette expression rappelle l'existence chez les infusoires provenant par un grand nombre de bipartitions d'un premier infusoire A, de caractères sensiblement différents de ceux de A. Ces caractères sont, néanmoins, d'ordre assez secondaire pour qu'on les découvre difficilement, et l'on *reconnaît* au premier abord l'espèce du plastide observé.

Mais, voici une chose plus importante. Maupas a remarqué qu'au bout d'un certain nombre de bipartitions, les infusoires, devenus *sénescents*, ne se divisent plus, quoique restant dans un milieu qui remplit les conditions de la vie élémentaire manifestée de leur espèce ; ceci est l'indice d'une modification profonde ; le phénomène capital de l'assimilation n'a plus lieu ; l'infusoire est dans la condition n° 2 quoique tous les éléments nécessaires à la condition n° 1 de son espèce soient réunis dans le milieu. Il faut donc qu'il manque un élément à l'infusoire, c'est-à-dire, l'une au moins des $p$ substances plastiques qui entrent dans sa constitution.

Or, revenons à notre équation (II).

$$a + Q = \lambda a + R$$

(1) Maupas. Plusieurs mémoires dans les *Archives de zoologie expérimentale et générale* et aux comptes rendus de l'Académie des Sciences.

Nous sommes assurés que cette équation est rigoureusement exacte pour la plupart des espèces de plastides connus. Mais, si le phénomène décrit par Maupas est véritablement, comme il le dit, un phénomène qui se passe en milieu illimité, nous ne pouvons incriminer la diminution des substances Q et l'augmentation des substances R ; d'ailleurs si la sénescence des infusoires leur était due, il suffirait, pour la faire cesser, de renouveler le milieu, *ce qui n'a pas lieu.* Donc, il est bien certain que pour les infusoires de Maupas l'équation (II) n'est pas exacte, sans quoi, dans un milieu constant, tout infusoire provenant de A se comporterait exactement comme A puisqu'il serait identique à A.

D'autre part, cette équation est presque exacte pour les infusoires de Maupas, puisque les différences s'accumulant au cours des bipartitions successives, ne deviennent sensibles qu'au bout d'un grand nombre de bipartitions. En outre, on ne peut supposer que les bipartitions soient inégales, puisque tous les produits de la $n^{\text{ième}}$ bipartition deviennent sénescents à la fois et sont identiques entre eux.

Toutes ces considérations rendent fort probable l'hypothèse suivante que je ne donne cependant que comme une hypothèse, tandis que l'équation II représente certainement, rigoureusement, ce qui se passe pour toutes les autres espèces de plastides, et ne contient aucune part d'hypothèse.

Soient $a_1$, $a_2$, $a_3$, ....... $a_p$, les substances plastiques de A au temps $T_0$, chacune avec sa quantité propre à ce moment ; la somme de ces diverses quantités représente donc le terme $a$ de l'équation (II). Eh bien, pour rendre compte des phénomènes de sénescence des infusoires de Maupas, nous sommes naturellement amenés à remplacer cette équation (II) par la suivante.

$$\text{(III)} \qquad a + Q = \lambda_1 a_1 + \lambda_2 a_2 + \lambda_3 a_3 + \ldots\ldots + \lambda_p a_p + R$$

dans laquelle $\lambda_1$, $\lambda_2$, $\lambda_3$, ....... $\lambda_p$, sont des coefficients fonctions du temps, très peu différent pour un temps

relativement court, mais le devenant sensiblement quand le temps augmente. Cette équation explique qu'une variation inappréciable au bout de deux bipartitions devienne très nette au bout d'un temps assez long.

Au point de vue qualitatif, les réactions chimiques ne dépendent pas en général des quantités de réactifs mis en présence, mais il n'en est pas de même au point de vue quantitatif, et l'on conçoit très bien que dans une série de réactions comme celle dont l'équation III donne le résultat, les coefficients $\lambda_1$, $\lambda_2$, ....... $\lambda p$, dépendent des quantités de substance mises en jeu au début.

Nous l'avons vu tout à l'heure, il est certain quand la sénescence a lieu, qu'il manque dans chaque plastide, au moins une des substances plastiques ; il faut donc que $\lambda_1$, par exemple, qui est fonction du temps, soit nul au temps $T_1$.

Pour un autre plastide de la même espèce ayant évolué, soit dans des conditions différentes, soit avec un point de départ quantitatif différent, ce pourrait être une autre substance $a_2$ qui manquerait dans tous les produits de la $N^{ième}$ bipartition.

On conçoit donc que, par échange de certains éléments, deux masses de ces deux séries différentes, qui, somme toute, ne sont plus des plastides puisqu'elle ne sont plus susceptibles d'assimilation, redeviennent des plastides complets, comme l'a observé Maupas dans le *rajeunissement karyogamique* [1]. Et cette explication s'accorde d'autant mieux avec la réalité que, Maupas l'a affirmé, le rajeunissement ne peut se produire qu'entre deux plastides ne provenant pas du même plastide par bipartition, ou entre deux plastides ayant évolué dans des milieux différents.

(1) Les substances qui s'échangent dans le phénomène du rajeunissement karyogamique peuvent être *figurées* ou *non figurées* suivant qu'elles sont miscibles ou non miscibles avec les autres substances plastiques ambiantes. Les phénomènes *visibles* décrits par Maupas semblent prouver qu'une partie au moins de ces substances est *figurée*.

suppose que, sans renouveler la masse liquide totale, nous introduisions au fur et à mesure de leur déperdition les aliments (sucre, carbonate d'ammoniaque, cendres) ; nous serons sûrs ainsi que le terme Q restera propre à la continuation des réactions commencées ; eh bien, malgré cette précaution[1], la fermentation, témoin de la vie élémentaire manifestée de la levure s'arrêtera fatalement, quelque quantité d'aliments que nous ajoutions. Or, qu'y a-t-il de changé dans les conditions de l'observation ? Rien si ce n'est l'accumulation des substances R, de l'alcool par exemple. Ce doit donc être l'accumulation de ces substances qui arrête la vie élémentaire manifestée de la levure : il est en effet facile de s'en assurer expérimentalement, car si l'on prélève une parcelle de levure dans le vase où la fermentation est arrêtée et si on la transporte dans un autre vase contenant du liquide Pasteur, elle y recommence sa vie élémentaire manifestée. C'est l'opération qu'on appelle dans l'industrie le rajeunissement de la levure[2].

Voilà un fait très important : certaines substances R s'opposent à la vie élémentaire manifestée de l'espèce qui les produit. Agissent-elles sur l'espèce comme des poisons ? pas définitivement puisqu'elles ne tuent pas les plastides et leur permettent en général, quand leur action n'a pas été trop prolongée, de recommencer leur vie élémentaire manifestée dans un milieu nouveau. Leur effet sur les plastides est donc plutôt comparable à celui des substances, étudiées plus haut sous le nom d'anesthésiques, qui donnent avec les protoplasmas des combinaisons *instables* se détruisant et restituant le protoplasma préexistant quand on renouvelle le milieu.

(1) L'alcool joue le rôle d'anesthésique par rapport à la levure de bière (voir p. 143).

(2) Voilà la seconde fois que nous rencontrons ce terme rajeunissement : rajeunissement karyogamique de Maupas, rajeunissement de la levure par soustraction des substances R ; ce sont deux phénomènes tout à fait différents ; nous verrons plus loin lequel des deux correspond à la vieillesse des métazoaires.

Dans certaines infusions peuplées d'un grand nombre d'espèces à la fois, on peut voir une espèce déterminée se perpétuer indéfiniment ; c'est que, ou bien les substances R sont peu nuisibles à l'espèce considérée, ou bien elles s'éliminent par évaporation, ou bien, enfin, elles entrent comme terme Q dans la vie élémentaire manifestée d'autres espèces coexistantes qui en débarrassent ainsi le milieu, et c'est pour cela que telle espèce ne peut prospérer dans une infusion déterminée que si elle y est accompagnée de telle autre espèce scatophage par rappport à elle ; c'est le premier degré de l'association symbiotique.

Une autre conséquence de l'accumulation des substances R est, dans certains cas, une modification de la forme spécifique des plastides ; on conçoit en effet que des substances, ayant sur les protoplasmas une action suffisante pour arrêter la vie élémentaire manifestée, puissent également modifier la forme d'équilibre de ces protoplasmas. C'est dans cette catégorie de phénomènes qu'il faut ranger les *formes d'involution* des bactéries. Tel microbe a la forme allongée d'un *bacille* dans une culture fraîche, qui devient à peu près rond comme un *coccus* quand la culture vieillie est chargée de substances R et reprend sa forme de bacille, dès qu'on le transporte à nouveau dans du bouillon frais.

La forme et, d'autres observations permettent de l'affirmer également, la dimension d'équilibre d'un plastide à l'état de vie élémentaire manifestée, varient donc avec les conditions de milieu ; c'est ainsi que des plastides ayant, au début d'une observation en milieu restreint, une forme et une dimension d'équilibre déterminées, arrivent au bout de quelque temps, à cause des variations de milieu, à avoir une forme différente et une dimension moindre, à se diviser, par exemple, *en plastides de plus en plus petits*, ce qui semble très mystérieux à M. Delage et l'empêche de voir dans la bipartition une simple nécessité d'équilibre.

Ces substances R, produits des réactions assimila-

trices[1] synthétisées dans l'équation II, sont naturellement pour la plupart, caractéristiques des espèces de plastides ; telles, les toxines produites par les microbes et les maladies, caractéristiques de chaque espèce microbienne, qui y correspondent ; quelques-unes pourtant sont communes à tous les plastides, l'acide carbonique, par exemple, qui semble d'ailleurs à peu près inoffensif pour la plupart des espèces.

Dans tous les cas que je viens de passer en revue, l'influence des substances R ne se fait sentir qu'à la longue, au bout d'un nombre considérable de bipartitions; c'est que, dans tous ces cas, le milieu, quoique restreint, est relativement très grand par rapport au plastide qui s'y développe. Certains plastides vivent dans des milieux très petits, de dimensions tout à fait comparables aux leurs propres, et dans ces conditions la variation du milieu est très rapide et a une influence immédiate sur l'évolution de l'être lui-même dans l'intervalle de deux divisions. C'est ce qui explique le cycle évolutif très curieux des *Sporozoaires Cytozoaires*, c'est-à-dire des sporozoaires qui habitent l'intérieur d'une cellule de métazoaires et qui trouvent seulement là, les conditions de leur vie élémentaire manifestée.

J'en prends un seul exemple, celui du parasite de la fièvre paludéenne quarte (*Hemamœba Laverani*, variété *Quartana*).

Au début, nous le trouvons sous le nom de *Sporozoïte* ou *corpuscule falciforme*, très petit et libre dans le sang, entre les globules ; il s'y trouve dans la condition n° 2 et n'y croît pas (fig. 8 ; 1) ; il entre dans un globule rouge et s'y trouve dans la condition n° 1, il y croît donc aux dépens de la substance du globule (fig. 8 ; 2, 3, 4) ; naturellement les substances Q de ce milieu très restreint diminuent vite et les substances R

(1) On les appelle à tort produits de désassimilation puisqu'elles proviennent des réactions mêmes qui produisent la synthèse des substances plastiques.

s'accumulent ; quelques-unes de ces dernières se précipitent dans l'intérieur de la masse du plastide parasite, sous forme de granulations noires (mélanine) ; d'autres restent dissoutes dans le milieu (intérieur du globule) et s'y accumulent de telle manière que les conditions d'équilibre de la masse du plastide parasite sont constamment modifiées ; aussi sa forme varie-t-elle sans cesse (fig. 8 ; 4, 5, 6), et à un moment donné, par

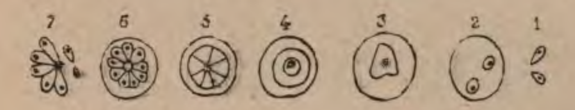



Fig. 8.
Évolution de *Hemamœba Laverani Quartana* dans un globule rouge de sang humain.

suite de ce phénomène qui fait que l'accumulation des substances R rend plus petite la forme d'équilibre possible des plastides, il y a *sporulation*, c'est-à-dire division de la masse totale en plusieurs masses beaucoup plus petites, les sporozoïtes ; chaque sporozoïte se trouvera mis en liberté dans le sérum par suite de la destruction du globule rouge complètement digéré, et recommencera le cycle évolutif précédent.

Ce phénomène de sporulation se produit presque toujours, chaque fois qu'un plastide se trouve accidentellement dans un milieu très restreint. Il a lieu par exemple pour les flagellates, qui normalement libres dans les infusions se divisent normalement par bipartition, lorsque l'un d'eux se trouve, par suite de circonstances extérieures, entouré d'un kyste produit par son activité même ; il se trouve dans ce kyste comme le sporozoaire dans la cellule hôte et s'y divise en un très grand nombre de petites zoospores ; chaque zoospore mise en liberté dans un vaste milieu, évolue comme nous l'avons vu plus haut dans le cas du milieu illimité, elle grossit en acquérant des formes variées pour chaque volume de son corps (comme la goutte d'eau du robinet,

v. p. 157), puis le flagellate se divise par bipartition quand il est devenu assez grand et continue de le faire tant qu'il reste libre. Qu'à un moment donné les conditions de milieu déterminent la formation d'un kyste autour de lui, il sporulera de nouveau à son intérieur et ainsi de suite. (fig. 9, β.)

On voit donc que l'évolution d'un plastide d'une espèce déterminée varie suivant qu'elle se passe dans un milieu très grand par rapport à lui, ou qu'elle a lieu dans un

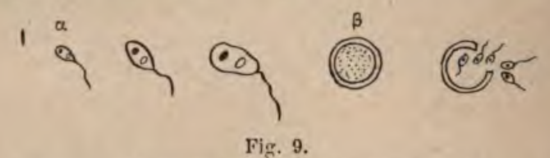



Fig. 9.
Évolution d'un Flagellate qui n'a pas de bipartition entre le spore α et l'enkystement β.

espace très restreint (kyste des flagellates et des grégarines, cellule hôte des coccidies), suffisamment restreint pour que la vie élémentaire manifestée du plastide considéré puisse déterminer, dans l'intervalle de deux divisions, des modifications sensibles dans la composition chimique du milieu (épuisement des substances Q; accumulation des substances R).

C'est à un phénomène de cet ordre qu'il faut rapporter les curieux faits de dimorphisme signalés chez les foraminifères. On sait que chez un grand nombre d'espèces de ces protozoaires, on a découvert deux séries de formes A et B, qui diffèrent par leurs loges initiales, mais seulement par leurs loges initiales (fig. 10, A, B). Nous avons vu (p. 157) à propos de l'évolution en milieu illimité, que les loges calcaires représentaient les diverses étapes du développement de l'être dont elles restaient ainsi des témoins.

Or, revenons à nos flagellates et à leurs deux modes de reproduction ; il est impossible de distinguer un individu qui provient directement, par bipartition, d'un individu préexistant, d'un autre individu provenant, par

accroissement, d'une zoospore et ayant acquis progressivement les caractères spécifiques, *parce qu'il ne reste aucun témoin des divers stades de l'accroissement du dernier*. Au contraire, chez un foraminifère, les parois des loges de la coque rappellent toutes les phases du développement du plastide et s'il y a une petite loge au début, cela prouve qu'il a commencé par être petit (zoospores des flagellates) ; s'il y a au contraire une grande loge, cela prouve qu'il a commencé par être grand (flagel-

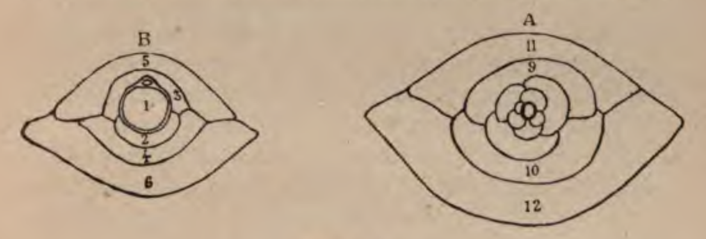



Fig. 10.
Coupe de deux Biloculines de type A et B par un plan contenant l'axe d'enroulement.

lates qui se bipartissent). Dans le cas de la petite loge initiale l'animal a donc évolué depuis une taille très petite jusqu'à la taille où la division s'impose ; dans le cas d'une grande loge initiale, les loges successives rappellent les stades d'un accroissement comparable à celui du flagellate depuis la bipartition qui l'a produit jusqu'à la dimension où une nouvelle bipartition devient indispensable. Eh bien, le parallèle entre le foraminifère et le flagellate est parfaitement établi par la découverte récente de Lister[1].

Dans la dernière loge d'un foraminifère de type B (grande loge initiale) se forment, par fragmentation, un très grand nombre de petites spores nucléées ; c'est que les conditions de milieu *restreint* s'y trouvent réalisées comme dans le kyste des flagellates. Chacune de ces petites spores est naturellement le départ d'un fora-

(1) *Proceedings of Royal Society*, 1895.

raminifère de type A (petite loge initiale). Dans la dernière loge de tous ces A devenus adultes s'isole une grosse masse nucléée (bipartition inégale, mais bipartition), qui sera le départ d'un B, puis dans ce B naîtra un B et ainsi de suite, jusqu'à ce que des conditions se trouvent réalisées qui rendent confiné le milieu de la dernière loge de l'un d'eux dans lequel il y aura en conséquence sporulation d'où un grand nombre de A.

J'ai donné un grand nombre d'exemples de l'évolution d'un plastide en milieu limité parce que j'ai cru intéressant de montrer que le cycle évolutif de certaines espèces, n'est pas un caractère de l'espèce même, mais bien une conséquence des conditions de milieu, ce qui rend fort compréhensible qu'une même espèce puisse, dans des conditions différentes, parcourir deux cycles évolutifs différents[1].

---

# CHAPITRE XIV

## MORT DU PLASTIDE OU MORT ÉLÉMENTAIRE

J'ai rappelé dans l'introduction, à propos de l'existence simultanée des mots *vie* et *mort* ou de leurs équivalents dans toutes les langues, cette phrase de Claude Bernard : « Il est impossible de séparer ces deux idées ; ce qui est vivant mourra, ce qui est mort a vécu. » Je crois pouvoir conclure de tout ce qui précède que cela n'est pas vrai pour les plastides ; la mort n'est pas une conséquence de la vie élémentaire manifestée, AU CONTRAIRE ; la vie élémentaire manifestée représente un

(1) On en peut conclure aussi que les sporozoaires cytozoaires ne sont pas un groupe naturel, mais un groupe rendu homogène par des phénomènes de convergence.

ensemble de phénomènes *essentiellement* différents de l'ensemble de phénomènes qui mènent à la mort[1]; loin d'être une conséquence fatale de la vie élémentaire manifestée, la mort est au contraire le résultat de toute activité chimique autre que la vie élémentaire manifestée ; la vie élémentaire manifestée est la seule activité chimique qui ne détermine pas la mort, *qui ne puisse pas déterminer la mort*. En reprenant les définitions que j'ai données plus haut je puis traduire ainsi l'affirmation précédente : La condition n° 1 ne conduit pas à la mort ; l'idée de mort ne se présente pas le moins du monde à l'esprit quand on étudie cette condition n° 1 ; elle ne peut même pas se concevoir. La condition n° 2 conduit rapidement à la mort ; la condition n° 3 y conduit très lentement ou n'y conduit pas du tout s'il y a une vie latente absolue, une indifférence chimique complète (grains de blé des pyramides).

Une cellule de levure de bière introduite dans un moût sucré fait fermenter ce moût et, *en même temps*, loin de s'y détruire, s'y multiplie (condition n° 1) ; au sein d'un liquide non sucré ou dans un liquide contenant une substance nuisible (poison), elle se trouve dans la condition n° 2 ou dans la condition n° 3 suivant les cas et meurt plus ou moins vite.

Dire que la vie élémentaire mène fatalement à la mort c'est dire exactement ceci au point de vue chimique : La destruction d'une substance est le résultat fatal de la synthèse de cette substance. Si l'on veut dire par là qu'il est nécessaire qu'une substance existe pour qu'elle se détruise, qu'une maison ait été construite pour qu'elle tombe, on a raison, mais c'est un enfantillage. Eh bien, ne serait-il pas ridicule de dire, pendant que des ouvriers construisent une maison, qu'ils la détruisent ? L'absurdité de cette proposition est évidente, et il est évident aussi que c'est bien la

(1) J'ai déjà défini la mort élémentaire d'une manière précise et n'ai pas besoin d'y revenir (ch. IX.)

même chose qu'on fait en considérant, pour les plastides, la mort comme une conséquence de la vie élémentaire manifestée.

Aussi cette idée n'est-elle venue, certainement, que de l'étude des êtres polyplastidaires, mais Claude Bernard l'applique à tous les êtres, quels qu'ils soient, lorsque après avoir affirmé, peu auparavant, que *la vie est la création organique*, ce qui est vrai, il dit tout le contraire ainsi qu'il suit : « Les phénomènes de destruction ou de *mort vitale* (?) sont ceux qui nous sautent aux yeux et par lesquels nous sommes amenés à caractériser la vie. Les signes en sont évidents, éclatants : quand le mouvement se produit, quand le muscle se contracte, quand la volonté et la sensibilité se manifestent, quand la pensée s'exerce, quand la glande sécrète, la substance du muscle, des nerfs, du cerveau, du tissu glandulaire, *se désorganise, se détruit, se consume*. De sorte que toute manifestation d'un phénomène dans l'être vivant est certainement liée à une destruction organique ; et c'est ce que j'ai voulu exprimer lorsque, sous une forme paradoxale, j'ai dit ailleurs (*Revue des Deux Mondes*, t. IX, 1875) : *La vie c'est la mort*[1]. » Ce prétendu paradoxe cache une erreur, erreur dont on conçoit l'origine quand on étudie uniquement les êtres polyplastidaires supérieurs, mais qui est absolument incompréhensible quand on se borne à l'observation des protozoaires et des protophytes. Je reviendrai sur ce sujet dans la deuxième partie du présent volume, je me borne, pour le moment, à indiquer que, chez les êtres monoplastidaires, l'idée d'activité vitale est absolument indépendante de l'idée de mort. La vie élémentaire manifestée (activité vitale des plastides) s'accompagne *uniquement* de synthèse, de création organique (condition n° 1) ; *la mort n'arrive jamais dans la condition n° 1 ;* elle se produit plus ou moins vite dans les conditions n° 2 et n° 3, c'est-à-dire dans tous les cas

(1) Cl. Bernard. *Leçons sur les phénomènes de la vie*, p. 41.

autres que celui de l'activité vitale, à moins que les conditions, se modifiant, deviennent celles de la vie élémentaire manifestée avant que l'œuvre de destruction soit complète, auquel cas il ne sera plus question de mort, mais de création et d'accroissement.

J'ai insisté longuement sur cette question très importante pour montrer que la vie élémentaire manifestée d'une part, les phénomènes qui conduisent à la mort d'autre part, sont, pour un même plastide des choses absolument distinctes et n'ayant aucun point commun ; de telle manière qu'on peut à peu près dire avec Bichat; pour les plastides au moins : « La vie est le contraire[1] de la mort. »

Il est bien entendu que, dans tout ce qui précède, j'ai parlé des *phénomènes* de la vie élémentaire manifestée et non de la vie élémentaire *propriété* chimique des plastides ; je n'ai pas besoin de revenir sur les définitions des corps vivants (doués de vie élémentaire) et des corps morts (dépourvus de vie élémentaire); je les ai suffisamment développées antérieurement. La phrase de Bichat peut donc se traduire ainsi que je l'ai déjà fait : « les phénomènes de la vie élémentaire manifestée d'un plastide sont *tout autres* que les phénomènes qui déterminent la mort de ce plastide » ; et non : « un plastide vivant est le contraire du cadavre de ce plastide », ce qui reviendrait à une phrase comme la suivante : « le sulfate de soude est le contraire de chlorure de sodium ».

Il est certain cependant que les plastides meurent souvent dans la nature; comment cela arrive-t-il? Evidemment, parce que le milieu qui réalisait la condition n° 1, pour un plastide déterminé, arrive à réaliser pour le même plastide la condition n° 2. Cela peut

(1) « Le contraire » n'est pas exact ; dans l'exemple que j'ai cité plus haut page 122, la fabrication d'acide chlorhydrique quand on supprime le bioxyde de manganèse n'est pas le *contraire* de la fabrication de chlore qui a lieu en présence du même bioxyde ; c'est *autre chose*, voilà tout.

arriver, *en milieu limité*, par suite même de la vie élémentaire manifestée du même plastide qui détermine un épuisement des substances *Q* et une accumulation des substances *R* (inanition, empoisonnement), mais, même dans ce cas, la mort n'est pas une conséquence directe de la vie élémentaire manifestée du plastide, mais bien de la nature limitée du milieu dans lequel s'est passée cette vie manifestée.

Le plus souvent d'ailleurs, les modifications de milieu qui transforment en condition n° 2 la condition n° 1 du plastide proviennent d'autres causes étrangères à ce plastide (plastides d'une autre espèce produisant une substance nuisible, courants qui entraînent le plastide dans un milieu destructeur, etc., etc.), mais la mort a toujours lieu dans la condition n° 2, jamais dans la condition n° 1 [1].

Quelquefois, la condition n° 2 se trouve réalisée parce qu'un élément est épuisé, non dans le milieu, mais dans le plastide, ainsi que nous l'avons vu plus haut dans la sénescence des infusoires de Maupas; là encore, la mort est fatale, à moins qu'un phénomène n'intervienne avant la destruction complète, et n'introduise dans le plastide l'élément qui lui manquait (rajeunissement karyogamique).

---

## CHAPITRE XV

### NOTION DE L'INDIVIDUALITÉ DES PLASTIDES

Un plastide peut-il donc dans certains cas être éternel, ne jamais mourir ? demandera-t-on. Il faut bien se garder de répondre sans réflexion à cette question qui cache

(1) Voir C. R. *Acad. Sc.*, 2 mars 1896; A propos de l'assimilation fonctionnelle.

un piège, car, dans l'esprit de ceux qui la posent, il s'agit de continuation de la vie individuelle, de l'individualité des plastides ; or la notion de l'individualité, empruntée aux animaux supérieurs, à l'homme, entraîne instinctivement l'idée de la conscience, du moi. Il nous est impossible de savoir si les plastides sont conscients, nous devons donc séparer entièrement, pour eux, la question de conscience de la question d'individualité. A quoi se réduit alors la notion de l'individualité des plastides? Nous avons vu une masse séparée du milieu ambiant et composée de $p$ substances plastiques déterminées, se diviser à un moment donné, après un certain accroissement ne changeant pas sa nature, en deux (protozoaires en général, bactéries, etc.), ou plusieurs (sporozoaires, champignons, etc.) masses qui deviennent semblables à celle d'où nous étions partis. La continuité de l'existence d'une masse isolée en tant que masse isolée, ne peut se poursuivre au delà d'une bipartition, De quel intérêt est donc la notion de cette continuité? N'y-a-t-il pas un grand inconvénient à employer pour les plastides le mot *individu* qui a une signification déterminée pour des êtres plus compliqués comme les vertébrés?

Prenez une cuillerée d'huile lourde et jetez-la avec force dans une solution saline de même densité : elle se divisera en un certain nombre de masses sphériques qui auront, chacune, une dimension d'équilibre propre ; vous pourrez ensuite diviser mécaniquement l'une de ces sphères, elle donnera deux sphères de moindre volume. Si vous augmentez l'alcalinité de l'eau, vous pourrez arriver à faire diminuer la dimension maxima possible pour une gouttelette d'huile en équilibre, comme nous avons vu que la dimension limite des plastides variait avec les conditions de milieu.

Éprouvez-vous le besoin de parler de l'individualité de ces gouttes d'huile [1]? C'est une chose bien fragile

(1) Delage. *Op., cit.* L'œuf se divise et en se divisant disparaît (?).

que cette individualité d'une goutte d'huile que l'on peut mécaniquement diviser en deux gouttes plus petites jouissant des mêmes propriétés; de même, pour un plastide qui provient, par bipartition, d'un plastide identique et que l'on peut couper en deux parties égales (en comprenant le noyau dans la section) qui constitueront deux plastides plus petits jouissant des mêmes propriétés. M. Balbiani a obtenu jusqu'à sept stentors en coupant un stentor en sept parties.

Dans le cas le plus général, tous les plastides provenant par bipartitions successives d'un même plastide, sont identiques entre eux; il n'y a pas de caractères *individuels* qui nous permettent de distinguer l'un d'eux des autres; cependant il s'introduit des différences individuelles dans le cas de plastides mobiles dont chacun se trouve emporté par le hasard de ses mouvements dans des parties différentes d'un milieu hétérogène. Ce qu'est un plastide au temps $T_1$ est fonction de ce qu'était ledit plastide au temps $T_0$ et de toutes les circonstances qui se sont rencontrées dans sa vie élémentaire manifestée *à chaque instant* entre $T_0$ et $T_1$. Mais, entre deux plastides $B_1$ et $B_2$, provenant au bout d'un certain nombre de bipartitions et de vicissitudes du même plastide A, il y a, au temps $T_2$, des différences de même ordre que celles qui peuvent exister entre le plastide $B_1$ considéré au temps $T_2$ et le même plastide $B_1$ considéré au temps $T_3$; l'ensemble des caractères propres à un plastide, ce qu'on pourrait appeler l'individualité du plastide est donc, je le répète, quelque chose de bien fragile. Il est par conséquent bien difficile de répondre à la question posée au commencement de ce chapitre, question dont l'intérêt ne se comprend que si l'on attache une certaine importance à l'individualité du plastide; indépendamment de la mort qui est un phénomène de destruction, il est impossible de suivre l'individualité d'un plastide au delà d'une bipartition, et cette notion d'individualité est plutôt nuisible et gênante pour la clarté du langage.

Il y a cependant un cas où cette notion d'individualité a une certaine raison d'être, c'est celui des infusoires sénescents de Maupas, mais j'ai déjà dit qu'il est peut-être illégitime de considérer les infusoires comme de simples plastides. Soient $A$ et $B$ deux infusoires qui viennent d'être rajeunis par karyogamie, *chacun pour son compte;* les plastides provenant de $A$ seront sénescents au bout de $n$ bipartitions; je les appelle $A_n$: ceux qui proviennent de $B$ seront sénescents au bout de $m$ bipartitions je les appelle $B_m$. Tous les $A_n$ auront entre eux des caractères communs qui manqueront aux $B_m$, puisque la conjugaison rajeunissante, possible entre un $A_n$ et un $B_m$ sera impossible entre deux $A_n$ ou deux $B_m$. Les infusoires $C$ et $D$ qui proviendront par rajeunissement karyogamique d'un échange de substance entre un $A_n$ et un $B_m$ pourront être différents l'un de l'autre et différents aussi de $A$ et de $B$; il y aura donc on le voit certains caractères individuels communs à tous les infusoires A, $A_1$, $A_2$... $A_n$, qui proviennent d'un même infusoire entre deux rajeunissements karyogamiques. On peut voir là, en quelque sorte, une individualité qui ne dure que le temps restreint séparant deux rajeunissements; aussi quand Maupas a fait sa découverte de la sénescence des infusoires, bien des gens se sont écrié : « Voyez, chose merveilleuse, les protozoaires eux-mêmes ne sont pas immortels comme on l'avait dit ! » Si on l'avait dit, on avait fait simplement un abus de mots, car ceux qui parlent d'immortalité et de mort pensent toujours aux hommes et aux animaux supérieurs et il n'y a rien de commun entre la mort des hommes et la mort des protozoaires de même qu'il n'y a rien de commun entre l'individualité des vertébrés et l'individualité accordée, dans le langage, aux bactéries et aux champignons. Ceux qui avaient parlé de l'immortalité des protozoaires, n'y avaient attaché d'importance que parce qu'ils y voyaient l'immortalité d'un *moi* d'une conscience, d'une individualité, et cela est vraiment bizarre, attendu qu'un protozoaire ne peut être immortel (?), qu'en se

divisant en un nombre sans cesse croissant de masses séparées, isolées, qui peuvent poursuivre leur vie élémentaire manifestée dans deux tubes différents, l'un à Paris, l'autre au Japon.

La conséquence de tout cela, c'est qu'il est nuisible de conserver le mot *mort* pour les plastides, puisqu'il signifie l'absence de *vie élémentaire*, tandis que le même mot *mort* veut dire, chez l'homme, l'absence de *vie*. La nécessité d'une appellation nouvelle se fera mieux sentir dans la deuxième partie de cet ouvrage où j'étudierai les métazoaires. On trouve alors tout simple que la question de l'immortalité d'un protozoaire (absence de *mort élémentaire*) n'ait aucun rapport avec la question de l'immortalité d'un métazoaire (absence de *mort*).

---

# LIVRE III

**Troisième approximation**

## OBSERVATION DE TRÈS LONGUE DURÉE

---

# CHAPITRE XVI

## ÉVOLUTION DE L'ESPÈCE DES PLASTIDES

Nous avons étudié dans le chapitre XIV, l'évolution d'un plastide en milieu illimité; la mer, un grand fleuve, peuvent sembler en effet des milieux illimités, même quand il s'agit d'une observation de durée relativement longue, une semaine, un mois, un an même; mais il n'en est plus de même quand il s'agit d'une observation de *très longue* durée, un siècle, une époque, une période géologique[1]. Et même avec certaines espèces, il serait inutile d'attendre si longtemps pour constater une modification sensible d'un milieu aussi grand que la mer; on connaît le calcul fait sur ce petit infusoire d'eau douce *Ichtyophtirius* qui porte le nom spécifique très caractéristique de *multifiliis* et chez lequel l'assimilation est si puissante, la division si rapide, que, *dans un milieu contenant tout ce qu'il faudrait*, il pourrait four-

(1) Le mot observation prête à rire, en réalité, quand on parle de périodes géologiques infiniment plus longues que la durée d'un observateur humain ; mais je l'emploie néanmoins par analogie avec les précédents, et d'ailleurs on peut observer en une heure le *résultat* d'un phénomène qui s'est produit pendant des siècles.

nir en un mois une masse de substances plastiques d'un volume égal à celui du soleil!

En dehors même d'exceptions aussi spéciales, il est bien certain que, considéré pendant une période géologique, par exemple, le milieu océanique est un milieu limité comparable de tout point à un bocal contenant une infusion de foin et observé pendant plusieurs jours.

Or, quelles ont été les conséquences de la limitation de volume du milieu dans cette infusion? la disparition des substances $Q$, l'accumulation des substances $R$, deux facteurs qui déterminent la succession des faunes à moins que n'intervienne une association symbiotique de certaines espèces dont l'une est scatophage pas rapport à l'autre (v. p. 163) et peut en outre lui préparer des aliments; le *Mycoderma aceti* peut, par exemple, se nourrir aux dépens des substances $R$ des *Saccharomyces;* c'est ce que l'on voit tous les jours quand le vin ou la bière aigrissent.

Ces deux cas se sont produits et se produisent encore en réalité dans la nature, seulement, il y a une différence qu'il ne faut pas oublier entre le milieu terrestre et le milieu de notre infusion de foin; le second peut recevoir du premier des plastides à l'état de vie latente dont la variété, par suite de la succession des compositions du milieu, y détermine la succession des faunes; le premier ne peut rien recevoir de nulle part, et quand une espèce y disparaît parce que le milieu lui devient défavorable, une autre espèce ne peut lui succéder que si elle y existait déjà; le nombre des espèces diminuerait donc constamment et arriverait rapidement à zéro si d'autres phénomènes n'intervenaient; c'est l'étude de ces phénomènes qui va faire l'objet de ce chapitre.

Je reviens à l'infusion de foin; j'ai dit, pour ne pas compliquer les choses en étudiant tout en même temps que les substances $R$ d'un plastide $A$ s'accumulant, ses substances $Q$ s'épuisant, ce plastide se trouvait bientôt dans la condition n° 2 ou quelquefois dans la condition n° 3, c'est-à-dire qu'il se détruisait ou passait à l'état

de vie latente (laquelle n'est qu'une destruction lente et peut être arrêtée par un renouvellement de milieu). Il y a toujours dans l'infusion de foin un très grand nombre d'espèces de plastides à la fois ; les substances *R* produites sont donc extrêmement variées et le milieu devient bientôt d'une grande complexité chimique. L'ensemble de ce milieu très compliqué réalisera-t-il forcément la condition n° 2 du plastide *A* ? En d'autres termes, étant donnés les éléments rigoureusement nécessaires à la vie élémentaire manifestée de l'espèce *A*, n'y a-t-il pas des substances que l'on peut ajouter au milieu sans transformer en condition n° 2 la condition n° 1 primitivement réalisée ? N'y a-t-il pas des substances qui ne soient pas inertes et qui néanmoins ne soient pas des poisons pour l'espèce *A* ? Cette question mérite d'être examinée avec beaucoup de soin, et il ne faut pas trop se hâter d'interpréter les expériences très nombreuses qui peuvent nous éclairer à ce sujet.

**Adaptation au milieu.** — Nous avons constaté plus haut (p. 47) le phénomène suivant : Un plastide *A*, c'est-à-dire un protoplasma *A*, puisque le noyau, nous le savons, n'a aucune influence sur le phénomène, est positivement chimiotropique par rapport à une matière chimique *B*. En ajoutant, petit à petit, de la substance *B* au milieu dans lequel se poursuit la vie élémentaire manifestée de *A* de manière à faire de ce milieu une solution de plus en plus concentrée de la subtance *B*, nous ne remarquons à première vue aucune modification appréciable dans la manière d'être de *A*. La substance *B* introduite progressivement dans le milieu n'a donc pas empêché la vie élémentaire manifestée de *A* qui continue à s'accroître et à se bipartir. La substance *B* n'est cependant pas inerte par rapport à *A* puisqu'elle exerce sur ce plastide une attraction chimiotropique ; et en effet elle a agi sur lui, car, si nous faisons avec cette substance *B* et ce qu'est devenu notre

plastide $A$ une expérience de chimiotaxie, nous constatons que *B n'attire plus le plastide.*

Le plastide s'est donc modifié puisqu'il a perdu une de ses propriétes caractéristiques; ce n'est plus $A$, c'est un corps nouveau $A'$ qui ressemble encore à $A$ par un très grand nombre de ses propriétés, mais qui en diffère quant à la réaction par rapport à $B$. L'idée la plus naturelle qui se présente est que la subtance $B$ n'a plus d'action sur $A'$ parce que, tous les échanges possibles entre $A$ et $B$ ayant eu lieu, il y a une certaine saturation de $A'$ par rapport à $B$.

Peut-être ne s'est-il produit qu'un simple phénomène d'osmose; alors la substance $B$ serait ajoutée à l'eau d'imbibition, et la saturation serait une simple saturation physique, un équilibbre diffusif. L'explication donnée plus haut (p. 42) des phénomènes de chimiotaxie s'accorde parfaitement avec l'hypothèse d'une simple osmose capable d'engendrer les forces dont l'inégalité sur les deux faces du plastide détermine le mouvement.

Dans ces conditions, si l'on revient *petit à petit* à un milieu dépourvu de substance $B$, c'est-à-dire si l'on suit en sens inverse les phases de concentration progressive par lesquelles on a passé dans la première partie de l'expérience, il y aura déperdition lente, équilibre diffusif à chaque moment, et finalement on obtiendra un nouvel état d'équilibre où la subtance $B$ n'entrera plus pour rien. Le plastide $A'$ sera redevenu le plastide $A$ [1] et sera de nouveau chimiotropique par rapport à $B$; les substances plastiques n'auront en rien été modifiées.

Cela arrive fort souvent en effet, ainsi que le constate l'expérience. Il faut seulement avoir la précaution d'augmenter et de diminuer *lentement* la concentration de la solution saline, pour qu'à chaque moment l'équilibre diffusif s'établisse entre des milieux intérieur et extérieur peu différents; une variation brusque dans

(1) Ou *les* plastides A s'il y a eu des bipartitions au cours de l'observation, ce qui ne modifie en rien l'état de choses.

un sens ou dans l'autre entrainerait la destruction du plastide.

Mais quelquefois aussi, la modification apportée à *A* est définitive; il y a eu action chimique de *B* sur les substances plastiques; *A'* a des propriétés différentes de *A*, quelquefois même, la forme d'équilibre est influencée, la forme spécifique change, ainsi qu'on l'a constaté pour certaines bactéries, certains champignons (atténuation de virulence, modification des propriétés chromogènes, etc.) ; étudions avec soin ce second cas très intéressant.

Je suppose pour fixer les idées qu'il y ait, dans le plastide *A*, 5 substances plastiques *a*, *b*, *c*, *d*, *e*. Par définition, je dis que le plastide est dans la condition n° 1 (vie élémentaire manifestée) quand les éléments du milieu sont tels que, de l'activité chimique du plastide dans le milieu, résulte la synthèse d'une quantité des substances *a*, *b*, *c*, *d*, *e* plus grande que celle qui préexistait dans le plastide. Dans tout autre cas il y aura condition n° 2. Or, par hypothèse, dans le cas actuel, l'une au moins[1] des substances plastiques se trouve modifiée par suite de l'addition progressive de la substance *B* au milieu; soient *a*, *b*, *c*, *d*, *e'*, les substances qui se trouvent dans la masse *A'*; il n'y a pas eu assimilation, mais bien condition n° 2.

Si l'ensemble *a b c d e'* n'est plus doué de vie élémentaire, n'est plus susceptible d'assimilation, la substance *B* a détruit le plastide *A* (poison); mais si l'ensemble *a b c d e'* est susceptible de vie élémentaire manifestée dans un milieu contenant, outre les substances nécessaires à *A*, la substance *B*, cette dernière substance, tout en détruisant le plastide *A*, l'*a remplacé par un autre plastide A'* qui, au point de vue de la continuité comme masse isolée, est la suite de *A*, mais

(1) Il se peut que toutes les substances plastiques soient chimiquement modifiées, je suppose, pour simplifier, qu'il n'y en a eu qu'une, comme j'ai supposé, pour simplifier, qu'il n'y avait que cinq substances plastiques.

qui en diffère par ses propriétés et par l'une de ses substances plastiques. Donc, en langage précis, il faut dire que l'introduction de *B* a mis *A* dans la condition n° 2, c'est-à-dire l'a condamné à une destruction fatale; seulement, au cours de cette destruction, le cadavre de *A* s'est trouvé composé de 5 substances *a b c d e* constituant un autre plastide *A'* qui trouve dans le milieu précédent, additionné de *B*, les conditions de sa vie élémentaire manifestée. Il y a eu une période de transition pendant laquelle le plastide *A* était en condition n° 2, puis il n'a plus été question de *A* qui n'existe plus, mais bien de *A'* qui se trouve dans la condition n° 1.

Somme toute, parlant rigoureusement, on doit dire que *toute* substance qui n'est pas inerte par rapport à un plastide détruit le plastide, est un poison pour le plastide si elle n'est pas une des substances nécessaires au milieu de sa vie élémentaire manifestée. Dans la plupart des cas, une telle substance détruit effectivement le plastide, le tue; mais *quelquefois elle le transforme en un autre corps qui est également un plastide*, et si ce plastide est nettement différent du premier par des caractères importants, nous dirons qu'il est *d'une autre espèce*[1]. Nous avons assisté à l'évolution artificielle d'une espèce.

Dans les cas que je viens de considérer, on dit que le plastide *s'est adapté au milieu;* c'est une expression vitaliste qui provient de la notion de l'individualité des plastides et de la notion de la continuité de la vie. En réalité, nous avons vu que le plastide *A* défini par sa composition et ses caractères *n'existe plus;* nous dirons

(1) Je n'entre pas ici dans de longues considérations sur la notion d'espèce, de variété, de race, etc.; la seule notion d'espèce à laquelle nous conduisent les considérations chimiques précédentes ne peut venir que des caractères, des *propriétés* du plastide ; on pourra décider si l'on veut qu'il faut tant de caractères communs, de propriétés communes pour définir une race, une variété, une espèce, tant de caractères différents pour définir deux espèces distinctes, etc. Ce sera une question de convention. (V. p. 298, *la Conjugaison chez les métazoaires*.)

néanmoins, pour nous conformer à l'usage, qu'il s'est adapté au milieu, mais à la condition formelle que cette expression rappellera le phénomène détaillé dans les lignes précédentes.

La variation de constitution, que nous venons d'étudier, peut se traduire pour les plastides d'une manière visible histologiquement. Supposons que la substance modifiée *e* soit une des substances du protoplasma; la forme générale d'équilibre du plastide pourra être modifiée, ce qui se verra au microscope; mais il peut se produire un phénomène d'un autre genre. Je suppose que *d* et *e* soient des substances *miscibles* faisant partie du noyau par exemple; *e'* remplaçant *e* pourra ne pas être miscible à *d* et *se précipitera à son intérieur en une masse de forme déterminée;* c'est ainsi que, par exemple, un plastide à noyau nucléolé pourra provenir par évolution chimique d'un plastide à noyau non nucléolé. En remontant de la même manière le cours des périodes géologiques, on peut arriver à comprendre comment tel plastide, dans lequel on distingue aujourd'hui *n* parties distinctes (paraplasma, hyaloplasma, noyau, nucléole, etc.), est provenu, par modifications chimiques progressives, d'un plastide beaucoup plus simple histologiquement, réduit même au début à une masse de substances miscibles entre elles et présentant au microscope une structure homogène comme sont les monères de Hæckel.

Un phénomène de cet ordre se produit en effet au cours de l'évolution *individuelle* de certains plastides; tel sporozoaire débute sous une forme absolument *homogène* (monère) que l'on voit se compliquer progressivement par l'apparition dans son sein de diverses masses à contour distinct, à mesure que les conditions de milieu se modifient dans la cellule hôte (v. p. 166, *Evolution en milieu limité*).

Des variations en sens contraire s'observent également chez les sporozoaires *d'une manière très fréquente.*

A un moment donné de l'évolution individuelle d'un de ces êtres, telle partie à contour distinct, visible jusque-là dans sa masse, cesse d'être discernée (disparition du contour de l'aire nucléaire); c'est que la substance *e'* est miscible avec la substance dans laquelle la substance *e*, non miscible, avait une forme propre.

Ce qui se passe, très rapidement, au cours des variations de composition que subit la cellule hôte d'un sporozoaire, a dû se passer, plus lentement, au cours des variations plus lentes apportées dans le milieu océanique par la vie élémentaire manifestée des plastides qu'il contenait, pendant les périodes géologiques. Telle est, exposée chimiquement, l'idée fondamentale de la doctrine transformiste.

En donnant cette explication, j'ai supposé que le plastide *abcde* était remplacé par un plastide *abcde'*, la substance *e* étant remplacée par la substance *e'* ; il se peut que ce soit plutôt *abcde'f'* qui remplace *abcde*, la substance *e* s'étant dédoublée en *e'* et *f'* ; alors, en remontant comme nous l'avons fait jusqu'au stade le plus initial, nous arriverons à concevoir la *monère*, non plus comme un mélange de *n* substances miscibles entre elles, mais comme une substance *unique* de laquelle ont pu provenir par *dédoublements* chimiques successifs, sous l'influence des variations du milieu, toutes les substances plastiques qui constituent les plastides dérivés d'elles. Une monère serait donc une masse d'une substance unique, douée de vie élémentaire, c'est-à-dire susceptible d'assimilation dans un milieu déterminé.

Y a-t-il des monères ? Des savants dignes de foi en ont décrit. La première connue a été observée par l'illustre naturaliste Hæckel à Villefranche il y a trente ans ; on peut la considérer comme un rhizopode réticulé sphérique sans noyau ni squelette ; Hæckel y voyant la plus simple des formes de plastides l'a appelée *Protogenes Primordialis*. Quoique ne présentant aucune espèce de différenciation, elle a une taille limite

maxima ; quand elle a atteint cette taille, elle se scinde et donne deux *Protogenes* plus petits. La forme d'équilibre est sphérique avec des pseudopodes rayonnants ressemblant à ceux des rhizopodes réticulés. Une autre monère, la *Protomœba Primitiva* est aux rhizopodes lobés ce que le *Protogenes* est aux rhizopodes réticulés ; elle a également une taille maxima qu'elle ne peut dépasser sans se bipartir.

D'autres monères ont été découvertes depuis, soit dans la mer soit dans les eaux douces, présentant un caractère colonial manifeste, *Myxodyctium*, *Monobia*... etc. ; si ces monères ont une taille assez considérable c'est que l'on a affaire en réalité à une *colonie*[1] de plastides adhérents ; or beaucoup de naturalistes se sont étonnés de la dimension limitée des plastides et des monères. Si les monères, par exemples sont constituées par une substance chimique déterminée, pourquoi cette substance ne peut-elle pas exister en quantité illimitée comme tous les corps de la chimie ?

C'est que les plastides et les monères *ne sont jamais au repos* quand ils se forment, c'est-à-dire pendant leur vie élémentaire manifestée. Leur synthèse est en effet le résultat de réactions chimiques se passant en chaque point de leur masse, et nous pouvons grossièrement comparer l'état dynamique qui résulte de ces réactions chimiques constantes, à l'agitation physique d'une eau contenant de l'huile ; l'huile ne pourra pas exister dans l'eau sous forme de masses ayant une dimension supérieure à un maximum déterminé par l'agitation, comme cela a lieu dans les émulsions artificielles.

Oui, mais, les spores elles-mêmes, les plastides à l'état de repos chimique ont des dimensions limitées. C'est que chacun d'eux provient d'un plastide à l'état de vie élémentaire manifestée.

C'est l'idée de la nécessité théorique de connaître un

(1) Voyez ce qu'il faut entendre par cette expression « *colonie* », à propos de l'individualité des métazoaires (ch. XXIII).

corps vivant de dimensions indéfinies qui a fait applaudir si généralement à la découverte de Carpenter et Wyville Thomson. Ces deux savants trouvèrent ou crurent trouver en 1868, au fond de la mer, une monère de *dimension indéfinie* qu'ils appelèrent *Bathybius Hæckeli*. On adopta la croyance de l'existence d'une gelée vivante amorphe et illimitée qui tapisserait le fond des mers à partir d'une certaine profondeur. Malheureusement, Huxley qui l'a décrite, ne l'a vue que dans l'alcool et sa nature a d'abord été fortement discutée; on a bientôt reconnu que ce *Bathybius* était toute autre chose qu'une substance vivante ; je l'ai moi-même vérifié dernièrement, au cours de la campagne de dragages du *Caudan* dans l'océan Atlantique ; la vase ramenée des profondeurs de 1 000 à 2 500 mètres, ne contenait, observée fraiche, aucune trace de monère ; l'addition d'alcool à 90° faisait précipiter des sels inorganiques sous une forme colloïdé rappelant assez bien l'apparence de protoplasma mort.

Quelques années après Wyville Thomson, le docteur Bessels a trouvé au fond du détroit de Smith une masse vivante indéfinie qu'il a observée à l'état frais et qu'il a appelée *Protobathybius ;* mais il a peut-être commis une erreur d'un autre genre en prenant pour un être distinct une partie du réseau pseudopodique d'un rhizopode réticulé ordinaire.

Il est possible qu'il y ait des monères illimitées ; jusqu'à présent on n'en connait aucune d'une manière tout à fait certaine, mais cela n'a aucune importance théorique puisque les conditions dynamiques de la vie élémentaire manifestée, c'est-à-dire de la synthèse même des substances observées, suffisent à rendre compte, par des comparaisons empruntées à la physique, de la limitation des dimensions de ces corps.

Bien des savants contestent l'existence des monères et prétendent que ce sont des formes transitoires d'espèces nucléées ; nous avons vu en effet que certains spo-

rozoaires passent par des états dépourvus de noyau au cours de leur évolution individuelle ; mais, qu'il y ait actuellement des monères transitoires ou définitives, cela ne nous empêche pas de pouvoir affirmer que pendant leur état monérien elles assimilent et se développent et que, par conséquent, il a pu exister à une certaine période de l'histoire du globe, dans des conditions déterminées, des monères douées de vie élémentaire.

Ces monères, transportées au hasard des courants, se sont trouvées dans des conditions incessamment modifiées, d'une manière générale par le refroidissement, d'une manière locale par l'influence locale de la vie élémentaire manifestée ; elles ont donc naturellement évolué[1] ; c'est-à-dire qu'elles ont donné naissance à des plastides nucléés, lesquels à leur tour se sont transformés en d'autres plastides, en se conformant aux variations du milieu. Un grand nombre de plastides d'espèces différentes peuvent ainsi provenir d'une espèce naguère unique de monère, suivant les hasards des conditions qu'ils ont traversées. Ces espèces sont distinctes par la nature chimique de leurs substances plastiques et, par suite, de leurs substances *Q* et *R*. Ainsi, tous les plastides qui ont au terme *R* de leur équation (II), la substance appelée cellulose, sont des végétaux ; les autres sont des animaux. Parmi les substances R, il peut se présenter des corps qui, répartis à la surface du protoplasma du plastide, sont susceptibles de souder entre eux deux plastides qui viennent de se séparer par bipartition ; on aura alors, au lieu de plastides isolés, des associations coloniales de plastides. Or, considérons ce qui se passe dans la bipartition d'un plastide :

Un plan de scission apparaît, *déterminé géométriquement* par rapport à la forme du plastide pour une espèce déterminée, car il est bien certain que le plastide en voie de scission a encore une forme spécifique dépendant de la quantité d'un protoplasma de nature

(1) Sauf quand elles se sont détruites définitivement.

spécifique. Les deux plastides voisins qui résultent de la bipartition sont donc placés l'un par rapport à l'autre dans une situation déterminée spécifiquement; s'ils restent accolés comme nous l'avons supposé, leur association a donc une forme spécifique. Chacun des plastides de l'association continue son évolution; mais, dans tout son développement, la présence du plastide voisin entre comme une des conditions de l'équilibre; quand il a atteint la taille maxima, il se divise suivant un plan, déterminé par rapport à la forme de l'association dont il fait partie, et ainsi de suite ; la forme d'équilibre de l'association de plastides ainsi obtenue est déterminée pour chaque stade, c'est-à-dire pour chaque nombre de plastides, et en rapport avec les conditions mécaniques extérieures. C'est une des raisons pour lesquelles on considère cette association comme un *être* unique déterminé qui est l'être polyplastidaire, métazoaire ou métaphyte, et que nous étudierons dans la seconde partie. On peut donc déjà prévoir *qu'il y aura un rapport entre la forme d'un métazoaire et la composition chimique du protoplasma de son œuf, en tenant compte des conditions mécaniques extérieures, si aucun phénomène nouveau n'intervient ;* mais, au cours de la multiplication, que, chez les métazoaires, on appelle segmentation, tel plastide va se trouver à un moment donné, entouré qu'il est d'autres plastides, dans des conditions différentes de celles où se trouve tel autre plastide plus superficiel par exemple dans la masse segmentée ; d'où des différences dans l'évolution de ces deux plastides, différences qui pourront se traduire petit à petit par des divergences de forme, de fonction,... etc. Ce sera la différenciation des tissus. Je ne fais qu'indiquer ici cette série de phénomènes (que nous étudierons en détail dans la seconde partie), pour montrer quelle importance il faut accorder dans l'évolution des espèces, aux substances du terme $R$ de l'équation II ; si l'une de ces substances agglutine les plastides entre eux, nous voyons naître les métazoaires et les méta-

phytes ; si l'une d'elles a des propriétés très particulières, elle détermine de grands groupes naturels : cellulose pour les végétaux, chitine pour les arthropodes et nématodes, tunicine pour les tuniciers, etc. En général, on verra que toutes les substances extraites, des végétaux par exemple, sont d'une même famille chimique (alcaloïdes des solanées, etc., etc.) pour une même famille *morphologique* de plantes, ce qui prouve de plus en plus que, pour les êtres polyplastidaires comme pour les plastides isolés, il y a un lien indissoluble entre la morphologie et la physiologie.

---

# CHAPITRE XVII

## APPARITION DE LA VIE ÉLÉMENTAIRE

Nous ne sommes pas à même de préciser, dans l'état actuel de la science, la composition chimique des diverses substances plastiques, nous ne savons même pas indiquer quelle est la particularité de structure commune à ces substances, mais nous savons qu'elles ne peuvent exister au-dessous d'une température maxima largement inférieure à 200 degrés centigrades. Nous pouvons donc affirmer qu'aucune de ces substances n'existe dans le soleil, par exemple, où aucun point ne jouit d'une température inférieure à 200 degrés. Mais la terre a été autrefois un véritable soleil et, par conséquent, de même qu'il n'y avait pas d'eau sur la terre, nous en sommes certains, quand sa température était en tout point supérieure à celle où l'eau se dissocie, de même il n'y avait pas sur la terre de substances plastiques tant que sa température était en tout point supérieure à 200 degrés centigrades.

Il n'y avait pas d'eau sur la terre, il y en a, donc l'eau a apparu ; il n'y avait pas de substances plastiques, il y en a, donc la vie élémentaire a apparu.

Nous ne pouvons pas affirmer qu'il n'existe pas d'autres substances chimiques jouissant, à 2000 degrés par exemple, de la propriété d'assimilation, mais cela n'a aucune importance au point de vue où nous nous plaçons; par suite du phénomène d'assimilation, un corps vivant procède d'un corps vivant ayant existé précédemment et ainsi de suite, mais aucun des corps de la série ainsi constituée et dont nous faisons partie aujourd'hui n'a pu exister à plus de 200 degrés[1]. Cette série a donc eu un commencement et c'est ce commencement qu'on doit appeler l'apparition de la vie élémentaire.

Nous ne nous étonnons pas de l'apparition de l'eau, parce que nous savons reproduire dans les laboratoires la synthèse de l'eau, quoique nous ne sachions ni pourquoi ni comment ce phénomène a lieu. Mais nous ne savons pas encore reproduire la synthèse des substances plastiques dont nous ne connaissons même pas aujourd'hui la composition chimique. Nous savons, en revanche quels éléments sont nécessaires à leur synthèse et que ces éléments sont réunis, dans l'eau actuelle de la mer, par exemple, pour un très grand nombre d'espèces; nous assistons chaque jour à la synthèse de quantités immenses de ces substances protoplasmiques, mais, toujours, ainsi que l'ont montré les expériences de M. Pasteur, cette synthèse a lieu dans des réactions où interviennent des quantités préexistantes des mêmes substances. Autrement dit, dans l'état actuel des choses, nous assistons tous les jours à la vie élémentaire manifestée, mais pas à l'apparition de la vie élémentaire.

Dans le moût de bière, par exemple, il y a tout ce

(1) En admettant même que les salamandres de la fable aient vécu dans le feu, il n'y aurait rien de commun entre elles et nos salamandres d'aujourd'hui qui ne peuvent pas en dériver et se composent de substances plastiques détruites par une température de 200 degrés.

qu'il faut pour faire de la levure de bière. Eh bien, M. Pasteur a montré que, dans les conditions actuelles, on peut conserver indéfiniment du moût de bière sans qu'il y apparaisse de levure.

Il est vrai que, dans un ballon fermé, nous pouvons aussi conserver indéfiniment un mélange de deux volumes d'hydrogène et d'un volume d'oxygène, sans qu'il y apparaisse la moindre goutte d'eau. Seulement, nous savons quelle influence physique il faut faire intervenir pour déterminer la combinaison de l'hydrogène et de l'oxygène ; nous ne savons pas produire la levure au moyen du moût par de simples procédés physiques.

La levure de bière est déjà un corps de constitution fort compliquée, comprenant plusieurs éléments juxtaposés, mais nous avons vu dans le chapitre précédent qu'il est très légitime de considérer ce corps comme dérivant par évolution chimique d'un corps plus simple composé de moins d'éléments distincts, lequel dériverait lui-même d'un corps plus simple, provenant, en dernière analyse, d'une monère initiale, composée d'une seule substance douée par elle-même de vie élémentaire. Il ne faut donc pas nous demander si nous parviendrons à faire de toutes pièces de la levure de bière avec du moût de bière (il est bien probable que cela n'a jamais eu lieu), mais bien si nous pouvons concevoir la synthèse de substance monérienne aux dépens d'éléments bruts. Malheureusement, s'il existe encore aujourd'hui des monères, nous ne connaissons pas leur physiologie et leurs besoins ; nous savons composer des milieux convenables à la synthèse assimilatrice de plusieurs espèces de plastides (levures, bactéries, aspergillus, etc.), nous ne savons pas composer le liquide Raulin d'une monère, sans quoi il semble probable que la synthèse de cette monère serait bien facile.

Somme toute, nous sommes sûrs que la vie élémentaire a apparu ; il nous est plus facile de concevoir son apparition sous forme monérienne, et nous savons que, une fois les monères formées, tous les autres plastides

ont pu en dériver par évolution chimique. Autrement dit, que, dans des conditions spéciales, réalisées une seule fois si l'on veut, une molécule monérienne ait été synthétisée, et la vie élémentaire a apparu.

Il est possible que cette synthèse ait eu lieu une fois ou plusieurs fois, en un point ou en plusieurs points; il se peut même que la substance monérienne synthétisée ait été différente en plusieurs points, qu'il y ait eu plusieurs espèces de monères initiales; il est possible que cette synthèse ait eu lieu une fois seulement, sur la terre, et ne soit produite dans aucune autre planète.....

**Concurrence vitale.** — Quand une monère a apparu, elle n'a pu se trouver que dans un milieu qui contenait tous les éléments nécessaires à sa synthèse; elle était donc dans les conditions de la vie élémentaire manifestée, elle a assimilé s'est reproduite, etc.

Quelles étaient les conditions de milieu à cette époque? Nous ne pouvons nous en rendre compte aisément aujourd'hui, puisqu'il n'y avait pas encore de substances plastiques et que tous les éléments qui constituent aujourd'hui les animaux et les végétaux se trouvaient dans le milieu, sous une forme qu'il nous est difficile de déterminer (liquide Raulin des monères).

Mais, dès qu'une monère s'est formée, les conditions se sont modifiées, et se sont modifiées très rapidement.

Revenons à l'exemple très simple de la levure. Mettons un plastide de cette espèce dans un tonneau de moût qui soit des milliards de fois plus grand que lui; une fermentation se produit; elle se prolonge longtemps et la levure de bière acquiert un développement considérable; mais, à un moment donné, la fermentation s'arrête, le développement de la levure aussi, naturellement.

Nous savons pourquoi; c'est que : 1° les substances $Q$ du milieu ont été employées dans la synthèse de la levure et se sont ainsi épuisées; 2° les substances $R$ se sont accumulées (alcool par exemple) et leur présence

modifie les conditions de milieu, au point d'arrêter la vie élémentaire manifestée.

Remplaçons maintenant le tonneau de moût par la mer avec sa composition initiale (au moment de l'apparition de la première monère) et le plastide de l'espèce levure de bière par la monère initiale ; la même chose se produira. Au bout d'un temps plus ou moins long, l'assimilation devra s'arrêter quand il n'y aura plus de matière assimilable, à moins qu'il n'intervienne un phénomène nouveau.

Or il y a deux facteurs, ici, qui ne se trouvaient pas dans le cas de la levure de bière : 1° la faculté évolutive existant au maximum dans la monère et devenue à peu près nulle dans la levure à cause des complications successives dont elle résulte, 2° l'hétérogénéité et les courants de l'océan.

Toutes les monères issues de la première formée auront un sort différent suivant le lieu où les amènera le mouvement de l'eau ; les unes se trouvant dans la condition n° 1 assimileront sans se modifier ; les autres, se trouvant dans la condition n° 2 se diviseront en deux groupes, le premier qui se détruira, le second qui, s'adaptant à ces conditions nouvelles (v. p. 181), se transformera en d'autres espèces (plastides à noyau par exemple, etc.).

Il est certain que pour une grande partie des plastides, nucléés ou non, qui provenaient des premières monères, la condition n° 2 a dû entraîner la destruction, la mort, et que les substances plastiques, détruites ainsi, ont joué le rôle de substances $Q$ par rapport à d'autres espèces ou peut-être aux mêmes espèces de plastides. En effet, si ce phénomène de la destruction dans la condition n° 2 n'était pas intervenu, la vie élémentaire manifestée se continuant sans interruption, l'accroissement en quantité des substances plastiques eût été tellement rapide[1] qu'au bout de quelques mois tout ce qui

(1) La quantité des substances plastiques croît en progression géométrique quand le nombre des bipartitions croît en pro-

était assimilable eût été assimilé, et alors, les substances $Q$ étant épuisées, la vie élémentaire manifestée fût devenue impossible.

La mort élémentaire, la destruction des plastides, apparaît donc comme une chose fatale *pour un certain nombre de plastides* et cela, à cause des dimensions limitées de notre globe ; si la mort élémentaire n'intervenait pas accidentellement pour quelques plastides, la vie élémentaire manifestée deviendrait, à un certain moment, impossible pour *tous* les plastides, par suite de l'épuisement des substances $Q$. Mais il ne faut pas dire, je le répète, que la mort élémentaire est une conséquence de la vie élémentaire manifestée ; elle ne se produit jamais que dans la condition n° 2 et non dans la condition n° 1 ; seulement, la condition n° 2 se trouve réalisée accidentellement dans certains cas (courants, etc.), et, dans un milieu limité (comme la terre), c'est seulement cette destruction partielle des plastides existant à un moment donné qui permet aux autres de poursuivre leur vie élémentaire manifestée.

La quantité des substances plastiques pouvant exister à la fois à la surface du globe est certainement limitée et il est facile d'en calculer un maximum qu'elle n'atteint jamais. Soit $\frac{1}{K}$ la proportion de carbone qui existe dans la moins carbonée des substances plastiques ; un poids $p$ de carbone fournit au plus un poids $Kp$ de substances plastiques ; donc si $P$ est le poids [2] de carbone existant dans la terre, $KP$ sera un grand maximum de la quantité des substances plastiques possibles à un moment donné, aujourd'hui par exemple. Or aujourd'hui, des milliers et des milliers d'espèces de plastides coexistent et poursuivent côte à côte leur vie élémentaire

gression arithmétique ; cette quantité est en définitive une fonction exponentielle du temps et l'on sait que la fonction exponentielle croît sans limite et bien plus vite que la variable.

(2) Il ne faut compter dans P que le poids de carbone accessible à la vie élémentaire manifestée, c'est-à-dire, pas trop profondément enfoui dans le sol.

manifestée. Il faut qu'il se produise un balancement des profits et pertes tel que la quantité totale des substances plastiques reste sensiblement la même, puisqu'elle a certainement atteint depuis fort longtemps, avec de petites oscillations insignifiantes, le maximum qui lui est permis dans l'état actuel de la terre. Il faut donc qu'en un laps de temps $t$, il se détruise une quantité de substances plastiques à peu près égale à celle qui s'est produite dans le même temps par suite de la vie élémentaire manifestée de tous les plastides existant au début de ce laps de temps.

Je compte parmi les plastides non seulement ceux qui existent isolément, mais aussi ceux qui sont agglomérés de manière à constituer des êtres polyplastidaires; si, en effet, il y a lieu de considérer pour ces êtres des phénomènes nouveaux de coordination que nous appelons les phénomènes de la vie, leurs éléments n'en sont pas moins des plastides qui se comportent, au point de vue des substances $Q$ et $R$, absolument comme les plastides isolés. Pour ces êtres, comme pour quelques protozoaires que nous avons étudiés plus haut, le procédé par lequel les substances plastiques d'autres êtres deviennent substance $Q$ est très particulier ; nous disons que des mammifères, par exemple, *mangent* d'autres animaux et des plantes; et dans ce cas, nous assistons de la manière la plus évidente à une transformation constante des substances plastiques : un cadavre de baleine est mangé par des crustacés par exemple, ces crustacés sont mangés par des poissons qui sont à leur tour mangés par une baleine, etc... En général, le cycle, le tourbillon vital est plus compliqué.

La limitation du milieu et de la quantité possible des substances plastiques existant à la fois, engendre donc la nécessité de la *concurrence vitale* ou *lutte pour l'existence*. Quand il s'agit de métazoaires, nous disons que les plus forts mangent les plus faibles et l'expression lutte pour l'existence se conçoit; il n'en est plus de même pour des êtres qui ne *mangent* pas, comme les

végétaux, et cependant pour eux aussi la concurrence vitale existe, mais il ne peut plus être question chez eux de lutte, de concurrence ; il y a un simple phénomène chimique que j'ai déjà rapidement exposé plus haut : Je considère une infusion de foin de volume limité et dans laquelle il y a des spores de plusieurs espèces de plastides ; dès le début, les espèces *a*, *b*, *c*, *d*, se trouvent dans la condition n° 1 et se développent ; d'autres sont dans la condition n° 3, d'autres enfin, se trouvant dans la condition n° 2, se détruisent rapidement ; les substances *Q* des espèces *a*, *b*, *c*, *d*, s'épuisent ; leurs substances *R* s'accumulent ; au bout de quelque temps l'espèce *a* passe, par suite de ces modifications de milieu, à la condition n° 2 ou à la condition n° 3 pendant que l'espèce *e* qui était jusque-là dans la condition n° 3 passe à la condition n° 1 précisément à cause de l'apparition de certaines substances *R* des autres espèces qui sont indispensables à sa vie élémentaire manifestée et ainsi de suite. C'est le principe de la succession des faunes et des flores.

Le même phénomène s'est reproduit en grand à travers les périodes géologiques ; seulement, en général, c'est la condition n° 2 et non la condition n° 3 qui s'est trouvée réalisée, et les espèces ont définitivement disparu. Cela n'est peut-être pas cependant arrivé toujours ; on connaît les phénomènes de réapparition d'une espèce végétale disparue d'un pays depuis plusieurs années, quand une tranchée profonde, exécutée pour une construction de voie ferrée par exemple, remet au jour des graines qui se trouvaient enfouies à une assez grande profondeur dans la condition n° 3. Je n'insiste pas sur cette question qui entraînerait autant de développements qu'on le voudrait.

L'évolution des espèces de plastides a dû être très rapide dès le début de l'apparition de la vie élémentaire parce que les conditions se sont extraordinairement modifiées en peu de temps par suite de l'introduction de ce nouveau facteur dans les conditions d'équilibre

de la nature. Aujourd'hui, les conditions varient beaucoup moins vite et sont au contraire remarquablement constantes à cause de l'établissement du tourbillon, du cycle vital[1]; aussi les espèces ne se modifient plus guère, en comparaison de ce qui leur est arrivé au début de l'existence sur terre de la vie élémentaire; mais il y a une autre raison à cette fixité relativement très grande des espèces existant aujourd'hui, raison qui fait que ces espèces se modifient peu, même quand, dans un milieu confiné, elles se trouvent dans des conditions qui varient énormément; c'est que, comme je l'ai déjà indiqué plus haut en quelques mots (p. 185), les espèces actuelles ne sont plus très modifiables; quand elles se trouvent dans la condition n° 2, elles se détruisent généralement au lieu de se transformer en d'autres espèces, de s'adapter au milieu. L'explication de ce fait serait assez longue à donner complètement; on peut s'en rendre compte d'une manière suffisante en se reportant à la manière même dont se produit l'adaptation (v. p. 181).

Soient *a*, *b*, *c*, *d*, *e*, les substances plastiques d'un plastide de l'espèce A; quand on détermine petit à petit l'*adaptation* de cette espèce à un milieu contenant une substance nouvelle B, on remplace, somme toute, le plastide A par un autre plastide A contenant les substances plastiques *a*, *b*, *c*, *d*, *e'*, ou même et plus probablement *a*, *b*, *c*, *d*, *e'*, *f'*. Mais la substance B qui a déterminé la modification sera *nécessaire* à la vie élémentaire manifestée du plastide A' dont la condition n° 1 sera donc plus compliquée, demandera un élément de plus que celle du plastide A. Il semble donc probable que A' sera plus fragile que A, puisque sa condition n° 2 sera réalisée plus souvent que celle de A, savoir, toutes les fois que manquera la substance B.

Il est possible que A', né accidentellement, disparaisse

(1) Qui entretient un certain équilibre, tout ce qui peut devenir substance plastique étant déjà substance plastique, sauf quelques oscillations insignifiantes.

accidentellement aussi en se trouvant dans la condition n° 2 ; un très grand nombre d'espèces ont dû apparaître et disparaître sans laisser de traces ; d'autres ont disparu en ce sens qu'elles ont subi des modifications nouvelles, mais il semble légitime d'admettre que cet entassement de modifications a rendu l'espèce de moins en moins susceptible d'en subir une de plus sans se détruire. Or, si l'on songe aux innombrables vicissitudes qu'ont traversées toutes les espèces aujourd'hui vivantes, on doit supposer qu'elles ont éprouvé toutes les modifications qu'elles pouvaient éprouver et il est bien peu probable qu'une seule espèce de l'époque primaire par exemple ait pu se conserver jusqu'à nous.

C'est pour cela qu'il est fort possible qu'il n'y ait plus de monères ; c'est pour cela qu'aujourd'hui, lorsque nous voulons produire l'évolution artificielle des espèces qui sont à notre portée, nous obtenons à peine des races et des variétés, c'est-à-dire des modifications peu importantes parce que les plastides sur lesquels nous agissons sont déjà très différenciés ; si nous introduisons une variation légère dans les conditions de milieu, nous obtenons une variation très légère dans l'espèce ; si nous introduisons une variation plus forte dans le milieu, une variation du genre de celles qui se sont produites peu après l'apparition de la vie élémentaire, nous tuons le plastide *fragile* sur lequel nous expérimentons, tandis que, pour la même variation, un plastide ancestral plus résistant, passant dans la condition n° 2, donnait, au lieu de se détruire définitivement, un plastide d'une espèce *notablement* différente. Voilà pourquoi nous n'assistons plus aujourd'hui à la formation d'espèces aussi nettement distinctes des espèces précédentes, que celles qui se sont produites au début de l'existence de la vie élémentaire quand des êtres aussi dissemblables qu'un trilobite et une lingule sont provenus, peut-être en très peu de temps, d'une espèce monérienne peut-être unique.

# DEUXIÈME PARTIE

## VIE. — ÊTRES POLYPLASTIDAIRES

---

# LIVRE IV

## L'INDIVIDU MÉTAZOAIRE

Nous avons étudié, dans la première partie, la vie élémentaire et ses diverses manifestations ; nous savons que la vie élémentaire doit être considérée comme une propriété chimique de certains corps appelés plastides ; dans des conditions déterminées (condition n° 1), cette propriété chimique se traduit par des phénomènes que nous appelons phénomènes de la vie élémentaire manifestée et dont le plus important pour la suite de cette étude est celui de la division plastidaire ou segmentation.

Dans le cas où le plastide considéré appartient au groupe des Protozoaires ou des Protophytes, c'est-à-dire, des êtres monoplastidaires, les deux corps qui résultent d'une bipartition se séparent et poursuivent isolément dans le milieu leur vie élémentaire manifestée. Mais il n'en est pas toujours ainsi ; certaines substances R provenant de la vie élémentaire manifestée de certains plastides s'accumulent à leur surface en une couche plus ou moins épaisse qui a la propriété de maintenir adhérents l'un à l'autre les produits de la segmentation.

Le premier effet de l'existence de ces substances est donc qu'il existe, après la première bipartition, une masse formée de deux plastides séparés, en général, quant à leurs substances plastiques, mais soudés par une gangue de nature spéciale. Eh bien, je suppose que l'espèce considérée soit mobile ; chacun des plastides constituant cette masse biplastidaire aurait pour son compte, s'il était isolé, un mouvement déterminé ; chacun d'eux, uni à son voisin, entraîne son voisin dans son mouvement ; la masse biplastidaire totale subit donc un déplacement qui est la *résultante* des réactions motrices de deux plastides qui la constituent, et cette résultante peut être fort différente du mouvement propre qu'aurait eu chaque plastide restant isolé.

Chacun des deux plastides accolés est formé des mêmes substances que s'il était seul ; il jouit donc pour son compte des mêmes propriétés, mais ces propriétés ne se manifestent plus de la même manière ; le mouvement spécifique de ce plastide est par exemple remplacé par un mouvement d'ensemble de la masse biplastidaire dont il fait partie. *Ce mouvement d'ensemble est un phénomène de la* VIE *de l'être biplastidaire* à la formation duquel nous venons d'assister.

Il est bien certain que s'il n'y avait pas de résultats plus importants de la soudure de deux ou plusieurs plastides en une masse unique, il serait inutile d'employer pour les désigner un terme nouveau, VIE, différant essentiellement de celui de *vie élémentaire* appliqué à chaque plastide isolé ; mais les phénomènes d'ensemble croissent en complexité avec l'accroissement du nombre des plastides agglomérés et, surtout, la présence autour d'un plastide donné A de tous les plastides qui l'environnent, modifie, quelquefois très profondément, les conditions de sa vie élémentaire manifestée comme nous le verrons ultérieurement avec plus de détail.

Je reviens à l'être biplastidaire considéré précédemment, comme au cas le plus simple qui permette de

caractériser la *vie* par rapport à la vie élémentaire. Je suppose que, par un procédé quelconque, nous arrivions à séparer sans les léser aucunement les deux plastides qui le constituent ; la vie élémentaire de chaque plastide sera conservée ; la vie de l'être biplastidaire sera détruite. Or, qu'est-ce qui aura disparu ? uniquement les phénomènes d'ensemble qui provenaient de la soudure des deux plastides ; c'est donc uniquement à ces phénomènes d'ensemble que l'on doit appliquer la dénomination de *vie*, indépendamment des phénomènes propres à chaque plastide et qui auraient lieu aussi bien s'ils n'étaient pas réunis.

Il y a donc à considérer dans un être polyplastidaire deux sortes de phénomènes : 1° les phénomènes de *vie élémentaire* propres à chacun des plastides qui le constituent, et qui auraient lieu de la même manière en dehors de l'existence de toute agglomération ; 2° les phénomènes de *vie* qui sont les manifestations d'ensemble, la résultante des activités élémentaires de tous les plastides[1] et qui comprennent, en outre, les réactions provenant, dans chaque plastide, de l'influence des plastides voisins, c'est-à-dire, les particularités qui caractérisent la dépendance de chaque plastide par rapport à l'ensemble.

A mesure que l'on s'élève dans la série des animaux, on voit décroître l'indépendance de la vie élémentaire des plastides constituant les êtres, pendant que, au contraire, les phénomènes de la *vie* deviennent de plus en plus complexes et de plus en plus remarquables. C'est ainsi que, chez les Vertébrés supérieurs, presque tous les plastides constitutifs tombent dans la condition n° 2 et se détruisent fatalement dès qu'on les sépare de l'ensemble de l'animal ; l'agglomération de plastides appelée

(1) Dans certains cas, la *vie* de tel être polyplastidaire peu compliqué rappelle beaucoup par ses manifestations la vie élémentaire manifestée de certains protozoaires élevés ; telle *planaire* rappelle beaucoup un *spirostomum* par exemple ; mais c'est que les plastides constitutifs de la *planaire* sont beaucoup moins compliqués que le *spirostomum* considéré comme plastide.

*cheval* par exemple constitue un tout indivisible, dont une partie doit presque fatalement se détruire si elle est détachée du reste ; le cheval est un individu, au sens propre du mot. Dans un cheval, la *vie élémentaire* des plastides dépend de la *vie* de l'animal ; la mort élémentaire suit la mort, fatalement.

Au contraire, tout à la base de l'échelle animale, il y a des agglomérations de plastides dans lesquelles la *vie élémentaire* conserve une très grande indépendance, les éponges par exemple ; mais aussi les phénomènes de la *vie* de ces êtres sont très peu importants et se réduisent à presque rien ; l'individualité n'existe pour ainsi dire pas.

Bien plus, il y a même des agglomérations de plastides dans lesquelles l'indépendance de la *vie élémentaire* est absolue ; il y a bien des manifestations d'ensemble qui constituent la *vie* de l'agglomération, mais la vie élémentaire manifestée de chaque plastide n'est influencée en rien par celle de son voisin ; chaque plastide reste dans la condition n° 1, quand on le sépare de l'ensemble de l'agglomération ; l'individualité est nulle. Dans ce cas, on est convenu de considérer l'agglomération, non plus comme un être polyplastidaire, mais comme une colonie d'êtres monoplastidaires, protozoaires ou protophytes. La vie d'une telle colonie est bien peu de chose ; elle peut être détruite sans que la vie élémentaire de chacun de ses membres en soit atteinte.

Entre une colonie de protozoaires et un vertébré supérieur il y a un très grand nombre de types intermédiaires dans lesquels la dépendance des plastides constitutifs est très variable, mais, d'une manière générale, le caractère de supériorité, l'importance plus grande des phénomènes d'ensemble, des phénomènes de la vie, est corrélative d'une diminution de l'indépendance des plastides de l'agglomération, d'une accentuation de l'individualité.

On conçoit très bien quelle extrême complexité doit résulter de la formation des êtres polyplastidaires et

comment des différences relativement très faibles et peu apparentes de deux plastides initiaux pourront se traduire au bout d'un très grand nombre de bipartitions par des divergences énormes, chaque bipartition se faisant d'une manière qui dépend le plus souvent de toutes les bipartitions précédentes et de l'état de l'agglomération au moment où elle a lieu. Il nous serait souvent difficile de distinguer deux œufs qui donneront par leur développement deux êtres polyplastidaires très notablement différents.

Dans tous les chapitres qui vont suivre, je m'occuperai surtout de ce qui a trait aux animaux supérieurs nettement individualisés, quoique je doive être quelquefois forcé d'emprunter des comparaisons aux êtres moins élevés en organisation ; je ne m'occuperai que fort peu des végétaux, dont les plus élevés mêmes présentent des phénomènes de *vie* extrêmement peu développés en comparaison de ceux des animaux supérieurs, et dont l'individualité est, en conséquence, peu accentuée (boutures).

---

# CHAPITRE XVIII

## THÉORIE DES PLASTIDES INCOMPLETS

Tout métazoaire dérive d'un plastide nommé œuf ; nous verrons plus loin d'où dérive lui-même cet œuf ; pour le moment, ne nous préoccupons pas de son origine. Comme tout plastide, l'œuf a des caractères spécifiques dus à la nature chimique des $n$ substances plastiques qui, mêlées ou non mêlées, entrent dans sa constitution, mais en général sa forme elle-même est peu remarquable et, comme je l'ai dit précédemment, il est souvent difficile à un observateur peu expérimenté de

distinguer les œufs de deux espèces animales très différentes. Il y a néanmoins des caractères qui permettent de déterminer l'espèce d'un œuf au moyen d'une étude attentive, comme cela a lieu pour toutes les espèces de plastides quelles qu'elles soient, mais ces caractères sont en général peu saillants.

Il est certain que si la chimie nous permettait actuellement d'analyser complètement les protoplasmas, nous pourrions déterminer rigoureusement les œufs par le nombre et la nature de leurs substances plastiques[1]; mais à défaut de cette connaissance des compositions atomiques, nous pouvons caractériser les œufs par leurs propriétés et particulièrement par celles que met en évidence leur vie élémentaire manifestée. Or, la vie élémentaire manifestée de l'œuf se traduit, nous le savons, par une série de bipartitions que l'on appelle sa segmentation; mais cette segmentation donne naissance à des agglomérations successives de 2, 4, 8, etc., $2^n$ plastides.

J'ai fait remarquer déjà (v. p. 189) que le plan de scission d'un plastide d'une telle agglomération est déterminé spécifiquement par rapport à l'agglomération dont il fait partie et qu'à chacun des stades successifs caractérisés par un nombre croissant de plastides, correspond une forme spécifique de l'être polyplastidaire correspondant. Or, les divergences qui séparent deux œufs d'espèces différentes, deviennent de plus en plus accentuées à mesure qu'augmente le nombre des bipartitions; l'observation de plus en plus longue de la vie élémentaire manifestée d'un œuf nous permet donc de caractériser de plus en plus nettement cet œuf.

Pour distinguer nettement deux microbes de formes presque semblables, nous étudions leurs réactions, ou, ce qui est plus exact, les propriétés de leurs substances R; mais, en général, nous pouvons aussi les distin-

(1) Il faudrait peut-être aussi tenir compte des quantités relatives de ces substances, dont la proportion a peut-être une influence considérable sur la morphogénie.

guer en étudiant les formes que prennent leurs colonies dans certains milieux déterminés, le bouillon gélatiné par exemple. Eh bien, de même, pour distinguer deux œufs de formes presque semblables nous étudions les formes qui proviennent de leur développement, les colonies qui en dérivent, c'est-à-dire que, par exemple, pour distinguer un œuf de truite d'un œuf de hareng nous suivons le développement de ces deux œufs jusqu'à ce que nous voyions l'un d'eux devenir une truite, l'autre un hareng. Ainsi exposé, cela semble enfantin et néanmoins c'est exactement la même chose que l'on fait en chimie quand pour distinguer deux corps semblables d'apparence on les soumet à leur *réactions caractéristiques*. Du bromure de sodium et du bromure de potassium donnent des couleurs différentes à la flamme du bec Bunsen, si nous ne connaissions pas leur composition atomique et leurs autres propriétés, nous définirions ces deux corps par la couleur qu'ils donnent à la flamme du bec Bunsen et nous dirions somme toute : celui qui donne la flamme jaune est « le corps qui donne la flamme jaune » comme l'œuf de hareng est celui qui donne un hareng. Et la propriété de donner un hareng au bout d'un certain nombre de bipartitions dans un milieu convenable est bien plus spéciale, bien plus caractéristique que celle de donner une couleur jaune à la flamme du bec Bunsen. Donc, sans connaître la composition des œufs, nous pouvons les déterminer rigoureusement en les soumettant à des réactions caractéristiques qui se traduisent précisément par leur segmentation, leur développement. Il se peut qu'au cours de ces réactions de longue durée, la condition n° 2 se trouve accidentellement réalisée, et alors il y a destruction ; si le nombre des bipartitions n'a pas été, à ce moment, suffisamment considérable pour qu'on soit parvenu à une forme caractéristique, la détermination est incomplète et c'est ce qui est arrivé pour certaines larves que l'on n'a pas pu élever complètement et dont on ignorait l'origine ; mais si cet accident n'arrive pas,

on est sûr de ne pas se tromper en affirmant que l'œuf d'où est provenu le hareng est bien un œuf de hareng. Tout ceci semble puéril et a cependant une grande importance : *l'adulte est déterminé dans l'œuf ;* il est bien certain que l'œuf ne suffit pas à donner l'adulte, mais si, partant de l'œuf, on entretient toujours chimiquement et physiquement la condition n° 1, on est sûr que l'on arrivera à une forme adulte *spécifiquement déterminée*, c'est-à-dire que, si l'on pouvait donner le nombre et la nature chimique des substances plastiques qui composent un œuf de hareng pris au hasard, on pourrait affirmer que toute association identique de substances plastiques, quelle que fût son origine, donnerait un hareng au bout d'un temps suffisant de condition n° 1. Nous étudierons plus loin le conflit de l'organisme avec l'extérieur et les variations individuelles qui en résultent ; pour le moment bornons-nous à constater que l'adulte d'une espèce est le résultat des réactions caractéristiques de l'œuf de cette espèce dans la condition n° 1 ; et même que l'on peut dire, somme toute, en employant rigoureusement le langage de la chimie : l'adulte est la réaction caractéristique de l'œuf, comme le virage au rouge du tournesol bleu est la réaction caractéristique des acides.

Les deux plastides qui proviennent de la première bipartition de l'œuf restent adhérents, nous le savons, par suite de l'existence à leur périphérie d'une certaine substance qui les soude l'un à l'autre ; j'ai dit en commençant que cette substance est une substance R ; il est certain en effet que ce n'est pas une substance plastique, car les deux plastides accolés sont en relation de contiguïté, mais non de continuité ; je m'explique :

Nous avons vu plus haut, à propos des expériences de mérotomie, que la continuité de la substance des plastides est nécessaire à l'assimilation ; toute partie protoplasmique séparée de la masse qui contient le noyau se trouve dans la condition n° 2, même si elle est

très voisine du reste du plastide qui est dans la condition n° 1 ; pour que l'assimilation soit possible, il faut qu'il existe en continuité, sans interruption, un morceau de protoplasma et un morceau de noyau. Eh bien, la couche de substance qui soude deux plastides voisins constitue une interruption dans la masse totale de l'être biplastidaire. Faisons en effet une expérience de mérotomie analogue à celle que représente la figure 11 ; coupons par le plan dont la trace est αβ, l'être biplastidaire AB (fig. 11). La partie αβγ du plastide B restera adhérente au plastide A. Or, si la substance qui réunit les deux plastides A et B était une substance plastique, le morceau de protoplasma αβγ, qui a perdu, par suite de la mérotomie, ses connexions nucléaires avec B, serait en connexion nucléaire avec A, en continuité avec le protoplasma de A et resterait dans la condition n° 1, comme cela arrive pour un morceau de protoplasma emprunté à une gromie quelconque et soudé par addition au corps d'une gromie nucléée. Or, cela n'a pas lieu ; αβγ, privé de connexions avec le noyau de B, se trouve dans la condition n° 2 et se détruit. Ce fait se vérifie, par exemple, toujours pour deux cellules végétales voisines dans une plante quelconque.

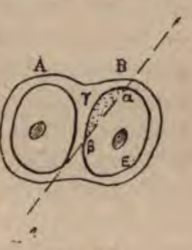


Fig. 11.

Il y a donc contiguïté, mais non en général continuité protoplasmique [1] entre deux plastides voisins provenant de la segmentation du même œuf, mais ces deux plastides ne sont pas néanmoins dans une indépendance absolue l'un par rapport à l'autre. Considé-

(1) Quelques auteurs croient qu'il y a cependant des isthmes de substance protoplasmique qui traversent le mur mitoyen des deux plastides ; cela est difficile à concevoir dans la plupart des cas ; mais, même si cela a lieu, il faut admettre que ces isthmes n'établissent pas une continuité protoplasmique suffisante pour que la partie de αβγ de B puisse être considérée au point de vue de la condition n° 1 comme ajoutée au protoplasma de A.

rons par exemple le plastide A de la figure 11. Ce plastide se trouve en relation immédiate avec le milieu, par osmose à travers la gaine de substance R qui l'entoure, dans toutes ses parties superficielles autres que celles qui regardent le plastide voisin B. Dans ces dernières parties, A se trouve en relation non pas avec le milieu, mais avec la substance de B. On peut donc prévoir, puisque le noyau intervient dans tous les phénomènes de la vie élémentaire manifestée, que la partie de la substance de A comprise entre le noyau et B (dans une sorte de cône ayant son sommet au noyau de A et sa base à la surface de séparation) sera le siège de réactions différentes de celles qui se produisent dans le reste du plastide A. L'observation prouve que cela n'empêche pas la condition n° 1 de rester réalisée pour l'ensemble du plastide puisque les bipartitions se poursuivent sans interruption, il faut donc admettre qu'il y a toujours assimilation au sens propre du mot, mais que la *distribution* des substances plastiques qui en résultent est influencée dans le plastide A par la présence de son voisin le plastide B.

Il est donc déjà à prévoir que la *distribution* des substances plastiques dans les plastides qui proviennent de la segmentation d'un œuf ou *blastomères*, sera différente de ce quelle eût été dans les mêmes plastides si cette substance agglutinante R ne les avait maintenus les uns au voisinage des autres.

Nous venons de voir l'influence sur cette distribution des substances plastiques des rapports de contiguïté des blastomères ; une autre influence bien plus importante dans certains cas se fera sentir dès les premiers stades du développement ; je vais l'étudier seulement dans un cas, le plus simple, celui d'un œuf alécithe donnant une gastrula par invagination.

Au bout d'un certain nombre $n$ de bipartitions, tous les blastomères au nombre de $2^n$ sont groupés en une seule couche formant une surface sphérique continue, ce qui s'explique mécaniquement avec la plus grande

facilité[1] par la symétrie des diverses influences extérieures.

Cette forme *blastula* comporte donc une paroi cellulaire continue, d'une seule couche de cellules d'épaisseur, circonscrivant une *cavité de segmentation* d'autant plus vaste que $n$ est plus grand. La figure 12 α représente la coupe de cette blastula.

Je considère l'un quelconque des blastomères de la blastula ; sa surface présente à considérer trois parties : une calotte externe libre, une calotte interne libre exactement opposée à la première et une zone limitée

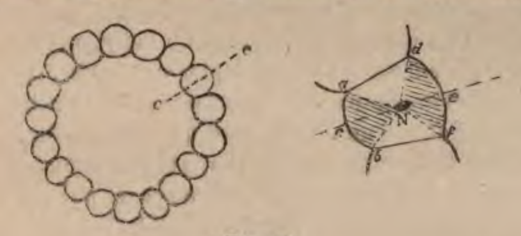



Fig. 12.

α, coupe d'une Blastula. — β, l'un des bastomères de la Blastula.

par ces deux calottes et suivant laquelle le blastomère est en contact avec ses voisins.

Cette disposition présente une grande symétrie par rapport à l'axe commun *ce* des deux calottes (fig. 12 β). Il semble donc, d'après ce que nous avons vu plus haut, que la distribution des substances plastiques doive être également symétrique par rapport à cet axe et que l'on doive considérer trois parties dans le blastomère, symétriques toutes trois par rapport à l'axe *ce* : 1° la partie découpée dans le blastomère par le cône *Ndf*, située entre le noyau et la surface libre extérieure *def* ; 2° la partie découpée dans le blastomère par le cône *Nab*, située entre le noyau et la surface libre intérieure *acb* ;

(1) L'explication de cette symétrie par de simples raisons d'équilibre mécanique se trouve dans tous les traités d'embryologie.

3° la partie comprise entre ces deux cônes, *daNfb*, située entre le noyau et les surfaces de contact avec les plastides voisins.

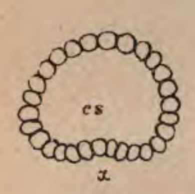
Ces trois parties sont, je le répète, symétriques par rapport à l'axe *ce*, et toute segmentation du blastomère déterminée par un plan qui contiendra l'axe *ce* sera une segmentation égale, c'est-à-dire divisera le blastomère considéré en deux blastomères égaux.

Mais considérons les deux surfaces *def* et *acb*; la première est en contact avec le milieu extérieur, la seconde avec le liquide de la cavité de segmentation; or, le milieu extérieur est vaste en général, le liquide de la cavité de segmentation a un volume restreint et se charge en conséquence rapidement des produits *R* de la vie élémentaire manifestée des divers blastomères; les deux pôles d'un blastomère quelconque de la blastula sont donc dans des conditions toutes différentes, il y a un pôle interne et un pôle externe et les parties correspondantes du blastomère (*Nabc Ndef*) peuvent être constituées de substances plastiques disposées différemment; *il y a hétérogénéité par rapport à un plan passant par N et perpendiculaire à l'axe* ce ; je montrerai tout à l'heure l'importance considérable de ce fait.

Poursuivons l'étude de notre blastula; par des bipartitions successives qui se produisent suivant des plans rayonnants, c'est-à-dire suivant des plans contenant les axes *ce* des divers blastomères, le nombre des blastomères augmente sans que des différenciations spéciales se produisent entre eux puisque nous savons que, dans chacun d'eux, tout est symétrique par rapport à un plan quelconque qui contient l'axe *ce*. La surface de la blastula augmente donc tout en restant composée d'une seule couche de blastomères; mais le volume de la cavité de segmentation qu'elle limite augmenterait encore plus vite [1], si la blastula restait sphérique ; or le

(1) Le volume de la sphère augmente proportionnellement au cube du rayon, tandis que la surface de la sphère augmente proportionnellement au carré du rayon.

liquide qui remplit cette cavité est en quantité limitée; s'il ne peut en pénétrer constamment à son intérieur, à travers la couche de blastomères, une nouvelle quantité suffisante pour parfaire à chaque instant l'augmentation de volume corespondant à l'accroissement superficiel de la sphère, la forme sphérique d'équilibre deviendra impossible et c'est précisément ce que l'observation nous montre; par suite de l'insuffisant accrois-





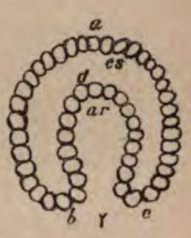



Fig. 13. — Gastrula par invagination.

*cs*, cavité de segmentation — *ar*, intestin primitif ou archenteron.

sement de la quantité de liquide de la cavité de segmentation, la blastula prend naturellement la forme qu'affecte une balle de caoutchouc quand par suite d'une fuite de gaz, la pression interne devient moindre dans cette balle que la pression externe; c'est cette forme qu'on appelle *gastrula*. Cette gastrula prend les formes successives α, β, γ (fig. 13), la cavité de segmentation devenant de plus en plus petite relativement à la surface totale qui s'accroît constamment avec le nombre des blastomères.

Observons attentivement le stade γ. Les blastomères sont répartis en deux groupes nettement distincts : la couche externe *abc* qui est en contact par une face avec l'extérieur, par l'autre face avec le liquide de la cavité de segmentation, et la couche interne *dbc* qui est en contact par une face avec le contenu de la cavité *ar* ou intestin primitif, par l'autre face avec le liquide de la cavité de segmentation. Or l'orifice *bc* ou blastopore, étant de plus en plus petit, le contenu de la cavité

archentérique *ar* deviendra rapidement différent du milieu extérieur de telle sorte que les blastomères de la couche *dbc* seront par leur face externe dans des conditions de milieu différentes de celles des blastomères de la couche *abc*. Il y aura *adaptation au milieu* (v. p. 181) et les blastomères de la couche *bdc* deviendront différents de ceux de la couche *abc*; c'est ce que vérifie l'observation courante.

Tant que les blastomères des deux couches externe (exoderme) et interne (endoderme) se multiplient par bipartition tout en continuant à ne former qu'une seule couche cellulaire, et restent réparties sur une seule épaisseur, il n'intervient pas de phénomène nouveau puisque le plan de segmentation de chaque blastomère passe toujours par l'axe *ce* correspondant (fig. 12 β) et qu'il y a symétrie par rapport à cet axe, nous l'avons vu plus haut; les blastomères exodermiques donnent naissance à des blastomères exodermiques, les blastomères endodermiques donnent naissance à des blastomères endodermiques; il y a accroissement du nombre des éléments sans qu'il y ait modification de leur nature.

Mais il arrive un moment ou les conditions d'équilibre nécessitent des bipartitions dans le sens profond, des bipartitions par des plans perpendiculaires aux axes *ce* des blastomères (fig. 12 β); l'observation nous apprend que cela se produit d'abord au voisinage du blastopore (fig 13 γ). Or nous savons que la distribution des substances plastiques est hétérogène dans chaque blastomère par rapport à ce plan perpendiculaire à l'axe *ce*; une *bipartition par un tel plan donnera donc deux blastomères différents;* on donnera le nom d'éléments *mésodermiques* à ces blastomères provenant de la partie profonde des éléments superficiels[1]; beaucoup de ces éléments seront donc, *par leur*

(1) Toute cette description est extrêmement simplifiée et ne se rapporte à aucun cas réel.

*origine même*, différents de ceux qui proviendront de la partie externe des mêmes blastomères et qui continueront à tapisser extérieurement l'embryon. Ceci mérite de fixer l'attention.

Nous avons vu les éléments endodermiques se différencier des éléments exodermiques, *par adaptation au milieu*, lors de l'invagination de la gastrula; il se produira encore d'autres différenciations semblables pour la même raison, quand l'accroissement superficiel de la couche de blastomères produira dans cette couche des plissements, des involutions, etc.; c'est ainsi que les éléments nerveux centraux se différencieront des autres éléments exodermiques dans une gouttière qui deviendra un tube fermé, etc., etc. Voilà un premier procédé de différenciation histologique : division égale des blastomères, par des plans qui contiennent l'axe *ce* (fig 12 β) de ces blastomères, puis variation de la nature de ces blastomères par adaptation à des conditions différentes de milieu.

Le second procédé de différenciation histologique est tout différent, c'est la division inégale des blastomères par des plans perpendiculaires à l'axe *ce*. Le mésoderme peut apparaître au début par l'un [1] ou l'autre de ces deux procédés, mais presque dans tous les cas il se complète définitivement par le second, et c'est le résultat de ce second procédé de segmentation que je vais étudier actuellement.

J'ai montré plus haut qu'il doit y avoir hétérogénéité dans la distribution des substances plastiques d'un blastomère superficiel de la blastula ou de la gastrula, par rapport à un plan passant par *N* et perpendiculaire à l'axe *ce* (fig 12 β); une bipartition par un tel plan donnera donc deux blastomères différents; cela a lieu par exemple, pour la blastula, dans le cas des

(1) Il apparaît par le premier procédé, c'est-à-dire par une involution du feuillet interne, dans l'*amphioxus*, la *sagitta* et dans tous les entérocœliens en général.

*Méduses geryonides* chez lesquelles il se forme ainsi ce qu'on appelle une gastrula par délamination. Mais des phénomènes plus intéressants se rencontrent dans l'étude de la formation, par ce procédé, des éléments mésodermiques. J'en prends un exemple typique chez certaines espèces de cœlentérés étudiées par les frères Hertwig.

Dans l'une d'elles les cellules de la surface du corps présentent, du côté interne, un prolongement plus contractile que le reste de leur protoplasma (fig. 14 A, *m*) ; c'est ce qu'on peut appeler un rudiment musculaire. Voilà un

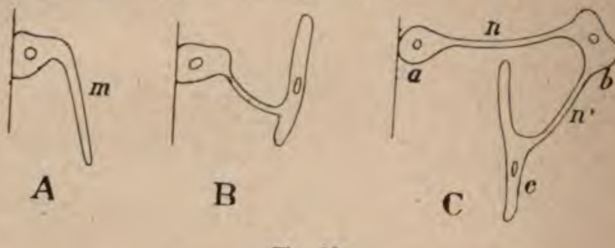



Fig. 14.

cas tout à fait remarquable de la distribution hétérogène des substances plastiques par rapport à un plan perpendiculaire à l'axe *ce* (fig. 12 β).

Dans une telle cellule, où les parties constitutives du protoplasma sont réparties d'une manière inégale ; il est possible que telle substance, indispensable à la vie élémentaire manifestée de la cellule, soit *absolument* localisée dans telle ou telle partie protoplasmique; alors, cette cellule, privée par mérotomie de cette partie protoplasmique, deviendrait aussi incapable d'assimilation qu'un protozoaire dépourvu de noyau et serait vouée à une destruction certaine. Ceci n'avait jamais lieu chez les protozoaires dans lesquels nous avons vu qu'un morceau de noyau entouré d'une couche de protoplasma suffisait toujours à régénérer le plastide. Une expérience de mérotomie est impossible dans le cas où nous nous trouvons et d'ailleurs elle ne donnerait de résultat concluant que si une substance essentielle était

*absolument* localisée dans le prolongement musculaire, par exemple, tandis qu'il est possible que cette substance y soit seulement plus abondante, sans que le reste de l'élément en soit tout à fait dépourvu. Nous trouverons plus loin des expériences de mérotomie concluantes dans des cas de différenciation plus avancée.

Chez une autre espèce de cœlentérés l'élément mixte que nous venons d'étudier se complique légèrement. Une bipartition nucléaire se produit; l'un des noyaux se place dans la partie musculaire qu'un étranglement sépare bientôt partiellement du reste de l'élément primitif (fig. 14 B). Nous avons ainsi deux masses nucléées réunies par une partie protoplasmique très ténue. Ces deux masses nucléées sont-elles vraiment deux plastides, différant seulement des plastides ordinaires par la communication qui subsiste entre eux? Cela n'est pas évident à priori. Tout à l'heure, dans la cellule *A*, l'intervention de *toutes* les parties pouvait être indispensable à la vie élémentaire manifestée. En B, nous avons bien deux noyaux, mais chacune des masses nucléées contient-elle *tout* ce qui est nécessaire à la vie élémentaire manifestée? Rien ne nous donne le droit de le supposer puisque la bipartition n'a pas été égale et que seul l'ensemble des deux masses nous apparaît comme évidemment complet. Ici encore une expérience de mérotomie serait nécessaire et elle n'est pas possible.

Chez cette même espèce, un stade plus avancé de la différenciation nous montre trois éléments histologiques associés (fig. 14 C), éléments que l'on peut appeler d'après leur mode d'activité, épithélial, nerveux, muslaire, réunis par deux filaments protoplasmiques que l'on considère comme deux filets nerveux l'un centripète, l'autre centrifuge par rapport à l'élément nerveux médian. En réalité, ce système de trois éléments histologiques n'est peut-être comparable qu'à un seul plastide trinucléé dont les trois parties *a b c* sont profondément différenciées et reliées entre elles. Une expérience

de mérotomie pourrait seule nous prouver que chacun des éléments, considéré isolément, n'est pas un plastide.

Dans tous les cas, la différence de ces trois éléments est évidente, et leur solidarité aussi. Une modification quelconque intervenant dans l'élément épithélial qui seul est en rapport avec l'extérieur, ne se traduit à notre vue que par une contraction de l'élément musculaire [1] ; il y a donc évidemment une transmission de *a* à *c* et il y a évidemment aussi une différence considérable dans la nature des trois éléments dont un seul se contracte.

Quand les filets *n* et *n'* sont suffisamment longs [2], on constate que la transmission de *a* à *c* est très rapide ; les filets étant extrêmement ténus, un transport effectif de substance est difficile à concevoir dans de telles conditions de vitesse ; une action de proche en proche est plus vraisemblable et si l'on admet cette dernière hypothèse voici comment se présente la vie élémentaire manifestée de notre système de trois éléments associés. Une molécule étant modifiée à l'origine du filet *n* la modification chimique se traduit à une molécule de l'élément *b* et permet ainsi la production dans cet élément de certaines réactions impossibles sans elle ; une molécule de l'origine du filet *n'* se trouve par suite modifiée et en vertu d'une transmission de même ordre, certaines réactions jusque-là impossibles se produisent dans *c* et se manifestent extérieurement à nous par la contraction de cet élément.

L'ensemble de tous ces phénomènes successifs se traduit par l'équation (II) pour *tout* le système. L'observation nous oblige à admettre que dans chacun de ces éléments *a b c* considérés séparément, la synthèse des substances plastiques correspondantes se fait localement

(1) Voyez plus haut, l'explication de la transmission chimique sans transport effectif de substance (en note p. 137.)

(2) Comme cela aura lieu chez les Vertébrés.

puisque chacun de ces éléments conserve ses caractères propres; c'est pour cela que chacun d'eux a l'air d'un plastide, mais en réalité la synthèse d'une molécule de substance plastique n'a lieu dans *c* par exemple que par une réaction dans laquelle intervient une molécule provenant du filet *n'*; autrement dit, on ne pourrait pas écrire pour les substances plastiques de *c* une équation analogue à l'équation (II) en ne tenant compte que des substances de *c* et des substances du milieu [1].

Dans le cas que nous venons d'étudier, la formation d'éléments anatomiques qui sont des *plastides incomplets* est prise sur le fait, au cours même du développement; la bipartition hétérogène provenant d'une distribution hétérogène des substances plastiques nous a montré la cellule épithélio-musculaire devenant une association de deux éléments épithial et musculaire, puis de trois éléments épithélial, nerveux et musculaire. Il faudrait remonter petit à petit l'échelle des êtres et suivre la complication croissante de la différenciation histologique, mais cela nous entraînerait à de trop longs détails; il y a d'ailleurs encore de nombreuses lacunes dans l'histoire de l'histogénèse de bien des groupes zoologiques; ce que nous venons de voir suffit à nous rendre compte de l'explication de la différenciation histologique et de l'existence de plastides incomplets. J'aborderai donc immédiatement l'étude des métazoaires les plus élevés en organisation et les mieux connus au point de vue physiologique, les vertébrés, et je considérerai ces êtres à l'état adulte sans me préoccuper de l'histoire encore obscure de la genèse de leurs tissus ; nous constaterons nettement chez ces êtres supérieurs l'existence de plastides incomplets dont des expériences de mérotomie

(1) Les auteurs qui considèrent l'influx nerveux comme de nature purement physique doivent penser que les éléments *a*, *b*, *c*, sont des plastides complets dont la vie élémentaire manifestée exige, outre les conditions normales de température et de milieu, un nouvel agent physique ; je reviendrai plus loin sur les graves difficultés qu'entraine une telle théorie.

permettent d'affirmer la nature et dont l'étude nous enseignera la loi importante de l'*assimilation fonctionnelle*. Mais il est nécessaire avant d'y arriver de donner quelques renseignements sur le *milieu intérieur* et sur le *système nerveux*.

---

# CHAPITRE XIX

## MILIEU INTÉRIEUR

Quand nous avons étudié les plastides vivant isolément, nous avons été amenés à considérer leur vie élémentaire manifestée comme l'ensemble des réactions ayant lieu *directement* entre la substance des plastides et le milieu; l'évolution individuelle des plastides variait suivant que le milieu était illimité ou restreint. Il n'en est plus de même lorsqu'il s'agit des métazoaires et particulièrement des plus élevés d'entre eux, les vertébrés. Il suffit de lire un cours de physiologie élémentaire pour s'en rendre compte; pas un seul des éléments histologiques constituant un vertébré ne borne son fonctionnement chimique à des échanges directs avec le milieu extérieur. La surface du corps est constituée en partie d'éléments protecteurs s'opposant aux échanges directs avec le milieu, en partie d'éléments autorisant ces échanges entre le milieu extérieur et le *milieu intérieur*.

Nous avons déjà rencontré, au cours du chapitre précédent, un premier exemple de ce milieu intérieur, dans le contenu de la cavité de segmentation. Mais, tandis que, dans la blastula, les échanges directs avec l'extérieur étaient au moins aussi importants pour tous

les blastomères que les échanges avec le liquide interne, les éléments histologiques d'un vertébré réagissent surtout, et même presque exclusivement, avec le milieu intérieur.

La surface des poumons permet les échanges gazeux, la surface d'une partie du tube digestif les échanges liquides, etc... Que ces échanges se fassent directement ou par l'intermédiaire du fonctionnement de certains éléments superficiels, il n'en est pas moins vrai que, même pour ces éléments superficiels, le milieu extérieur serait insuffisant à la réalisation de la condition n° 1.

On doit considérer un vertébré comme un sac, clos de toutes parts[1], et dont la paroi est, suivant les endroits perméable ou imperméable aux liquides ou aux gaz. La paroi du sac est formée uniquement d'éléments histologiques particuliers, les éléments épithéliaux, quelquefois recouverts extérieurement d'une couche protectrice de substance inerte. Tous les autres éléments histologiques sont contenus dans ce sac, et *tout ce qui, dans le sac, n'est pas élément histologique, constitue le milieu intérieur.*

Il faut bien s'entendre sur cette question de définition; tout ce qui, dans le sac constituant l'organisme, n'est pas substance plastique faisant partie d'un plastide (que ce plastide soit complet par lui-même ou formé d'une association de plastides incomplets) fait partie du milieu intérieur, même les substances non plastiques qui sont incluses dans l'intérieur des éléments histologiques. Ceci est très important; par exemple, quand je dirai qu'un muscle croît, cela voudra dire qu'il est le siège d'une assimilation qui détermine l'augmentation en quantité de ses substances plastiques, phénomène qui peut être concomitant d'une diminution du poids de ce qu'on appelle vulgairement le muscle, c'est-à-dire du

(1) Sauf quelques rares exceptions peu importantes pour notre sujet.

muscle avec sa graisse, ses substances de réserve de toute nature, etc. ; là où je dirai qu'il y a accroissement, il pourra donc en réalité y avoir amaigrissement, si l'accroissement des substances plastiques ne contre-balance pas (et cela a lieu le plus souvent) la perte de poids des substances non plastiques annexées au muscle ; je trace, une fois pour toutes, une ligne de démarcation bien nette entre l'organisme et le milieu intérieur, en définissant milieu intérieur, l'ensemble de *tout* ce qui, dans le corps, n'est pas substance plastique faisant partie d'un plastide.

Les phénomènes macroscopiques de la physiologie, respiration, nutrition, excrétion, sont des échanges entre le milieu extérieur et le milieu intérieur, c'est-à-dire, la respiration, la nutrition, l'excrétion du milieu intérieur du vertébré et ne doivent donc en aucune façon être comparés aux phénomènes portant, à tort, les mêmes noms, chez les plastides qui vivent isolément.

C'est entre le milieu intérieur et les éléments histologiques que se font les échanges qui permettent la manifestation de la vie élémentaire de ces derniers. C'est dans le milieu intérieur que ces éléments puisent les substances $Q$ et rejettent [1] les substances $R$ de leur équation II. Le milieu intérieur est donc très complexe ; sa composition d'ensemble à un moment donné résulte de ses échanges, avec le milieu extérieur d'une part, avec tous les éléments histologiques d'autre part. La circulation brasse constamment ce milieu intérieur.

Eh bien, plus un animal est élevé en organisation, plus ses éléments histologiques sont nombreux et différenciés, plus aussi les conditions de milieu nécessaires à chacun des éléments sont précises ; il faut que le milieu dans lequel baigne un élément histologique déterminé et auquel il est adapté, reste entre des limites de composition de plus en plus rapprochées à

(1) Il vaut mieux dire : produisent.

mesure que l'animal devient plus parfait ; les conditions physiques mêmes doivent être très peu variables (animaux à température constante).

Le mécanisme des réserves [1] facilite la réalisation de tous ces desiderata, mais cette réalisation n'est néanmoins pas constamment parfaite, comme nous le verrons plus loin en étudiant les phénomènes de fatigue. On conçoit, dans tous les cas, la nécessité d'une coordination à peu près invariable entre les divers éléments constitutifs de l'organisme et que l'absence momentanée de cette coordination peut entrainer des troubles généraux dans l'organisme. Si par exemple, pour une raison accidentelle, un grand nombre d'éléments se trouvent détruits, il en résultera des variations dans la constitution du milieu qui ne restait constant que lorsque tous les éléments coexistaient ; il en sera de même si des plastides étrangers, introduits accidentellement dans le milieu, y puisent les substances $Q$ et y déversent les substances $R$ de leur vie élémentaire manifestée (maladies microbiennes).

Je reviendrai plus loin sur ces questions de coordination à propos de la mort ; la vie, telle que nous l'avons définie, comprenant toutes les manifestations d'ensemble de l'association de plastides qui constitue un animal et, de plus, toutes les réactions qui proviennent, dans chaque plastide, de l'influence des plastides voisins, cette coordination dont je viens de parler devient naturellement un des attributs les plus caractéristiques de la vie ; la destruction de cette coordination produit la cessation de la vie, c'est-à-dire la mort.

(1) Les réserves doivent le plus souvent (sinon toujours) être considérées comme le résultat de l'activité chimique des plastides à la condition n° 2. Nous avons déjà vu (p. 163) que les produits de la destruction de certains plastides deviennent substances Q par rapport à d'autres plastides ou même à des plastides de la même espèce. Alors nous comprenons qu'un muscle qui en travaillant se développe (voir p. 244) maigrisse dans le même temps et qu'au contraire le muscle qui se repose engraisse quoiqu'il se détruise.

Je tiens à faire remarquer une fois de plus à ce propos, combien il est illogique de comparer l'ensemble des phénomènes présentés par un métazoaire et l'ensemble des phénomènes présentés par un protozoaire, de confondre sous une même appellation la *vie* et la *vie élémentaire manifestée*. Pour les mouvements généraux, par exemple, les échanges directs entre l'animal et le milieu expliquent tout chez le protozaire; il n'interviennent pour ainsi dire pas en général chez les vertébrés dont les mouvements sont dus à des réactions se passant à l'intérieur de l'animal.

---

# CHAPITRE XX

## SYSTÈME NERVEUX

Nous avons eu une première idée du système nerveux en étudiant l'élément épithélio-neuro-musculaire de certains cœlentérés; je ne puis pas m'étendre ici sur la description anatomique et histologique de ce système chez les vertébrés, on la trouvera dans tous les traités de zoologie et de physiologie; je vais seulement étudier les actions réflexes en tant qu'elles jettent la lumière sur la théorie des plastides incomplets exposé au chapitre XVIII.

On croyait autrefois que tous les éléments nerveux étaient en continuité de substance par les prolongements dits protoplasmiques de leurs cellules; les nouvelles méthodes histologiques semblent avoir prouvé qu'il n'en est rien et qu'il y a seulement contiguïté de ces prolongements. L'élément nerveux se compose d'une masse protoplasmique nucléée (fig. 15) émettant en tous sens des prolongements ramifiés dont l'un jouit d'une struc-

ture remarquable (que l'on trouvera décrite dans tous les traités d'histologie), il se ramifie lui aussi à son extrémité distale en plusieurs ramuscules très déliés. Suivant les parties du système nerveux où on l'étudie, cet élément présente des modifications assez profondes, mais conserve toujours le même type fondamental.

Je considère par exemple un élément nerveux faisant




Fig. 15.

partie des centres moteurs de la moelle épinière; les ramuscules de son cylindraxe sont en *continuité* intime avec la substance d'une ou plusieurs fibres musculaires comme le représente très schématiquement la figure 15; ces ramuscules pénètrent en effet dans le protoplasma même de ces fibres musculaires; il y a continuité absolue entre le nerf et le muscle, quoique les derniers prolongements du cylindraxe puissent encore être distingués, par des procédés spéciaux, dans l'intérieur de la fibre musculaire [1].

N'y a-t-il pas là une association tout à fait comparable, au point de vue de la continuité de substance, avec l'élément épithélio-musculaire binucléé des cœlentérés (fig. 14 B)? Mais ici, le cylindraxe est extrêmement long et une expérience de mérotomie est possible. Eh bien, le résultat de cette expérience est la dégénération des parties séparées, si un phénomène de cicatrisation ne reproduit pas les connexions primitives.

(1) La continuité qui existe entre le nerf et le muscle est du même genre que celle qui existe entre le noyau et le protoplasma d'un même plastide ; il n'y a pas de gaine de substance R séparant les substances plastiques puisque la gaine de ces substances qui entoure le nerf se continue avec celle qui entoure le muscle au niveau de la plaque musculaire.

Supposons que la section soit faite en $\alpha$ (fig. 15) : la partie du cylindraxe située à droite de $\alpha$ dégénère très rapidement, ce qui prouve que, les noyaux des éléments musculaires étant très spécialisés, la connexion[1] avec ces noyaux d'une certaine quantité de substance cylindraxile ne suffit pas à maintenir celle-ci dans la condition n° 1. Mais, résultat bien plus important, l'élément musculaire et l'élément nerveux séparés par cette expérience de mérotomie dégénèrent *à la longue* dans un milieu où des éléments similaires voisins, ayant conservé leurs connexions réciproques continuent de prospérer.

Ceci prouve avec la plus grande évidence que les deux éléments en question sont des *plastides incomplets ;* l'assimilation n'est possible que dans une association composée de ces deux éléments en relation de continuité, association qui réalise donc seule, par définition, un plastide complet. Mais comment se produit l'assimilation dans une telle association? Chez certains vertébrés il y a des cylindraxes qui peuvent atteindre des longueurs prodigieuses, un mètre et plus. J'ai déjà discuté plus haut (p. 137) la probabilité d'un transport direct de substance d'un bout à l'autre d'un prolongement protoplasmique de cette longueur et j'ai montré qu'il est plus vraisemblable d'admettre une transmission de proche en proche analogue à celle que Grothus a imaginé exister entre les deux électrodes d'un voltamètre.

Cette transmission constitue ce qu'on appelle l'influx nerveux. Elle s'accompagne de phénomènes physiques (électriques par exemple) et certains auteurs la considèrent même comme un phénomène purement physique ; la discussion de ces diverses théories n'offre qu'un faible intérêt pour le but que nous poursuivons, puisque la *loi de l'assimilation fonctionnelle sera mise en évidence avec la même netteté, que l'on consi-*

(1) Connexion au sens de la note précédente.

*dère les éléments anatomiques comme des plastides complets ayant besoin d'une condition physique spéciale, ou comme des plastides incomplets.* Il y a cependant un phénomène qui milite en faveur de la théorie d'une transmission chimique de proche en proche :

Après l'expérience de mérotomie faite précédemment, on voit, petit à petit, avec des particularités de détail dans lesquelles je n'entre pas, que le cylindraxe coupé s'allonge de manière à venir, si on lui en laisse le temps, renouer ses connexions primitives avec les éléments musculaires dont il avait été séparé. C'est un phénomène de régénération analogue à celui que nous avons constaté plus haut chez les protozoaires, et qui se produit beaucoup plus vite que la dégénération de la cellule nerveuse elle-même. Comment admettre qu'un simple phénomène physique détermine l'allongement du cylindraxe? N'est-il pas bien plus vraisemblable d'admettre une transmission chimique de proche en proche? Cette transmission chimique de proche en proche se fait comme nous l'avons vu plus haut, par une série de destructions et de reconstitutions moléculaires; mais alors, en produisant, par un procédé quelconque, en un point quelconque, une destruction moléculaire dans le cylindraxe, on obtiendrait une transmission de même nature? C'est précisément ce que l'expérience prouve : si en $\alpha$ (fig. 15), après la mérotomie, je pince fortement l'extrémité du morceau du cylindraxe resté en connexion musculaire, j'obtiens à son extrémité distale, dans le muscle, un effet identique à celui de l'influx nerveux ordinaire; j'ai déterminé un influx nerveux.

Je prévois ici une objection. Comment se fait-il, si l'élément nerveux ne constitue pas à lui seul un plastide, comment se fait-il que, séparé de l'élément histologique qui le complète, il puisse régénérer une de ses parties? Les deux phénomènes sont cependant bien connus; *à la longue* un élément nerveux privé de ses connexions périphériques normales s'atrophie et, d'autre

part, le cylindraxe coupé se régénère. La contradiction n'est qu'apparente entre ces deux propositions, car le cylindraxe, privé d'une partie distale, peut se régénérer naturellement aux dépens de la substance protoplasmique préexistante de la cellule nerveuse sans que la synthèse d'une nouvelle quantité de cette substance soit nécessaire; mais, à la longue, si de nouvelles connexions ne rétablissaient le plastide dans son intégrité, l'élément nerveux tout entier finirait par disparaître. Autrement dit, l'élément nerveux en condition n° 2 peut se déformer, allonger son cylindraxe, mais si de nouvelles connexions ne rétablissent pas la condition n° 1, la destruction provient fatalement de la condition n° 2 prolongée[1].

On connait trop l'histoire des réflexes pour que je m'y arrête; je veux seulement en donner une idée en rapport avec les considérations précédentes. Le réflexe le plus simple doit être, en dernière analyse, considéré comme le résultat de l'influence de la vie élémentaire manifestée d'un plastide complet (élément périphérique + (élément nerveux centripète) sur un plastide complet voisin (élément nerveux centrifuge + élément périphérique). Les échanges de substances plastique n'auraient lieu que dans l'étendue d'un plastide complet et ce seraient seulement des phénomènes physiques (ou peut-être des substances R) résultant de la vie élémentaire manifestée de ce plastide, qui influeraient sur le plastide voisin.

Considérons une surface périphérique sensible. (fig. 16 *a*). Nous savons qu'elle est sensible à une action mécanique extérieure déterminée, action qui dans certains cas n'aurait aucune influence directe sur le nerf

(1) Dans l'expérience de mérotomie que je viens d'étudier, la destruction du muscle est bien mieux connue et bien plus nette que celle de la cellule nerveuse; cela peut tenir uniquement à ce que les phénomènes musculaires sont plus évidents que les phénomènes nerveux, et aussi peut-être à ce que l'élément nerveux est, en quelque sorte, moins incomplet que l'élément musculaire.

correspondant[1] (irritabilité propre du protoplasma de l'élément, v. p. 138).

Ainsi que nous l'avons vu à propos de l'irritabilité, voici ce qu'il faut entendre par là : l'action mécanique extérieure considérée détermine dans le protoplasma de l'élément périphérique en question une réaction chimique; or, l'élément nerveux centripète qui complète




Fig. 16.

comme plastide cet élément périphérique a des prolongements qui plongent dans sa substance même ; ces prolongements seront donc impressionnés par la réaction chimique que l'excitation extérieure a déterminée dans l'élément périphérique; mais nous savons que toute réaction chimique produite en un point d'un élément nucléé est suivie d'une transmission au noyau de cet élément.

L'excitation extérieure adéquate à la nature de l'élément périphérique sensible que nous étudions déterminera donc un *influx nerveux nucléipète*. Et ce que nous ne savions pas encore, mais que nous devions prévoir et que nous apprend l'observation actuelle, c'est que cet influx nerveux *nucléipète* est suivi d'un influx nerveux *nucléifuge* que nous constaterons par ses effets et qui prouve qu'il y a action successive et réciproque, d'abord du protoplasma sur le noyau, puis du noyau sur le protoplasma.

(1) Voyez dans un traité de physiologie la question de l'*énergie spécifique ;* c'est l'étude de ce fait que certains éléments histologiques périphériques sont *irritables* par des agents extérieurs qui n'excitent pas des éléments de nature différente.

L'influx nerveux nous apparaît donc comme un cas particulier de la conductibilité protoplasmique étudiée plus haut, cas dont la particularité est due à la grande longueur des prolongements protoplasmiques de l'élément nerveux. Or, cet influx nerveux, cette transmission est, nous le savons, un des phénomènes de la vie élémentaire manifestée de l'élément considéré ; elle est donc accompagnée d'assimilation et de production de substances R ; je reviendrai plus loin sur le phénomène d'assimilation ; la production de substances R est peut-être un des facteurs de l'influence qu'exerce l'élément nerveux considéré en cours de vie élémentaire manifestée, sur un élément voisin dont les prolongements affectent des rapports de contiguïté avec les siens; peut-être ces substances R, produites au cours du phénomène précédent, agissent-elles chimiquement sur les prolongements de l'élément voisin, de manière à déterminer dans cet élément voisin une transmission analogue à celle qui s'est produite dans le premier; peut-être aussi faut-il chercher la cause de cette influence dans un des phénomènes physiques (électriques par exemple) accompagnant le fonctionnement du premier élément, phénomène physique qui agirait sur le second élément nerveux comme l'excitation mécanique extérieure a agi primitivement sur l'élément périphérique ?

Dans tous les cas, nous constatons qu'il y a influence de la vie élémentaire manifestée de l'élément nerveux du premier plastide sur l'élément nerveux du second plastide dans lequel nous observons que se produisent en effet des phénomènes analogues à ceux qui se sont produits dans le premier; d'abord transmission nucléipète, puis transmission nucléifuge par le cylindraxe. Nous savons qu'il faut probablement considérer cette transmission par le cylindraxe comme un phénomène chimique se produisant de proche en proche et se traduisant en définitive par une modification chimique d'une ou plusieurs molécules de son extrémité distale, molécules qui viennent s'ajouter à l'élément périphé-

rique incomplet (muscle, glande, etc.), et y complètent les conditions de la vie élémentaire manifestée. Le résultat de ce phénomène compliqué, le réflexe, sera donc que la vie élémentaire manifestée d'un muscle ou d'une glande, avec ses manifestations spécifiques ordinaires

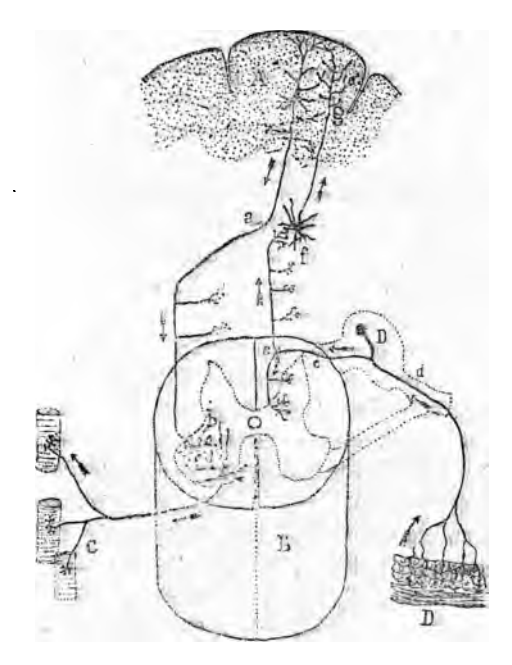



Fig. 17. — Schéma de la marche des incitations motrices volontaires et des excitations sensitives conscientes. (D'après Ramon y Cajal.)

A, région psychomotrice de l'écorce cérébrale. — B, moelle épinière. C, fibre musculaire. — D, peau.

(contraction, sécrétion) aura été provoquée par une excitation mécanique extérieure agissant sur un élément périphérique tout autre, au point de départ du réflexe.

On voit donc que, comme je l'annonçais plus haut, le réflexe le plus simple doit être, en dernière analyse, considéré comme le résultat de l'influence de la vie élé-

mentaire manifestée d'un plastide complet (élément périphérique + élément nerveux centripète) sur un plastide complet voisin (élément nerveux centrifuge + élément périphérique).

Voilà un effet de la dépendance, les uns par rapport aux autres, des divers plastides constituant un métazoaire, qui, à cause de l'extrême longueur des éléments nerveux, est bien plus remarquable que ceux auxquels je faisais allusion plus haut en caractérisant la vie, (p. 202). Deux éléments histologiques situés *très loin* l'un de l'autre, peuvent être néanmoins tellement liés que l'activité de l'un, déterminée par un agent externe, détermine fatalement l'activité de l'autre.

Eh bien, ce phénomène de dépendance est encore bien plus grand qu'il ne le paraît à la suite de l'étude du réflexe *le plus simple*.

Les prolongements de la première cellule nerveuse ne sont pas en contiguïté avec ceux d'une autre cellule seulement, mais avec ceux de plusieurs autres cellules de la moelle épinière, qui elles-mêmes contractent des rapports de contiguïté avec d'autres et ainsi de suite, de telle manière que l'excitation (physique ou chimique) qui agit sur la dernière cellule nerveuse considérée et se transmet par elle à un muscle par exemple, peut avoir suivi avant d'y arriver un trajet très complexe, ainsi que l'indique la figure 17 empruntée à Ramon y Cajal [1].

Un autre résultat de l'existence de rapports de contiguïté entre chaque cellule nerveuse et *plusieurs autres* cellules nerveuses est la généralisation à une partie quelquefois très grande de l'organisme de l'effet d'une excitation extérieure ayant atteint un seul élément périphérique. C'est cette dernière particularité qui nous mènera plus tard à la notion la plus nette de l'individualité.

(1) Je renvoie le lecteur à l'ouvrage de cet auteur: *Les nouvelles idées sur la structure du système nerveux* (trad. Azoulay). Paris, 1894.

La théorie des plastides incomplets[1] sur laquelle j'ai basé cette explication des phénomènes réflexes laisse peut-être beaucoup à désirer, quoiqu'elle semble provenir naturellement de l'étude du passage des protozoaires aux métazoaires ; dans tous les cas, elle conduit directement à la loi de l'*assimilation fonctionnelle*, loi qui semble d'abord en contradiction avec tous les faits connus de l'histoire des vertébrés, mais qui n'est en réalité incompatible qu'avec des hypothèses généralement admises pour expliquer ces faits et s'accorde au contraire merveilleusement avec un grand nombre de phénomènes difficiles à comprendre sans elle.

---

# CHAPITRE XXI

## LOI DE L'ASSIMILATION FONCTIONNELLE

J'emprunte le passage suivant à un traité didactique qui fait autorité actuellement, les *Eléments de Physiologie humaine* de L. Frédéricq et J.-P. Nuel et dans lequel je crois devoir trouver une expression fidèle des idées généralement admises aujourd'hui : « Le travail, les contractions musculaires, *usant certains principes chimiques de la substance contractile, ces principes finissent par s'épuiser*. Après plusieurs excitations, le muscle isolé se contracte moins énergiquement, il faut une intensité plus forte de l'excitant pour provoquer une contraction ; finalement, le muscle refuse toute

(1) Cette théorie est incompatible avec l'hypothèse de la nature purement physique de l'influx nerveux. J'ai déjà dit quels faits militent contre cette hypothèse ; mais, même en l'admettant, on est néanmoins conduit, quoique moins directement, à la loi de l'assimilation fonctionnelle.

réaction. Le muscle isolé et fatigué reprend sa contractilité, est restauré, si on le laisse reposer ou si on fait passer à travers ses vaisseaux du sang oxygéné... *Le phénomène fondamental dans le muscle fonctionnant est une réaction chimique, une usure de certains principes de la substance contractile...* »

Il me semble impossible de comprendre dans cet exposé autre chose que ceci : « *Le fonctionnement d'un muscle a pour effet de diminuer la quantité des substances plastiques de ce muscle* », c'est-à-dire, tout le contraire de ce que nous avons constaté chez un plastide isolé quelconque à l'état de vie élémentaire manifestée. Mais alors, ce serait donc pendant le repos du muscle que se réparerait cette perte de substance aux dépens d'éléments empruntés au milieu ? Cela est absolument contraire à l'observation. Un muscle au repos s'atrophie, dégénère ; j'emprunte encore au même livre un passage qui suit de très près le précédent : « *Le simple manque d'exercice musculaire, le défaut prolongé de contractions atrophie les muscles.* Cela s'observe régulièrement si, à la suite d'une luxation persistante, d'une ankylose, etc., certains muscles sont mis dans un état d'inactivité prolongée. Inversement, l'*exercice seul suffit pour hypertrophier les muscles*, témoins l'hypertrophie du cœur dans le cas d'obstacle à la circulation, les gros muscles du mollet des danseurs, les biceps volumineux des forgerons et des boulangers et les effets hygiéniques et thérapeutiques de la gymnastique. » Les auteurs expliquent ces phénomènes par le fait que la circulation sanguine et lymphatique, et, partant, la nutrition intime ne se font bien dans le muscle que s'il se contracte de temps en temps[1]. On

(1) Ce n'est pas la contraction, mais bien l'influx nerveux qui la détermine, qui développe le muscle. Vous pouvez faire fonctionner mécaniquement, autant que vous le voudrez, un membre dont le nerf a été coupé ; vous m'empêcherez pas ses muscles de s'atrophier. Or, si l'explication par la circulation était vraie, il y aurait au contraire hypertrophie rapide dans ces conditions.

voit immédiatement combien cette explication est peu fondée si, comme le dit l'auteur, le muscle s'use pendant qu'il se contracte et s'atrophie quand il ne se contracte pas.

Il y a donc une contradiction évidente entre ces deux passages successifs du même ouvrage. Cette contradiction provenant précisément de l'interprétation, à mon avis erronée, des phénomènes de fonctionnement, se rencontre fréquemment dans les écrits de Claude Bernard et je vais en donner ici quelques exemples pour répondre au reproche qu'on m'a fait d'avoir prêté à l'illustre physiologiste une manière de voir différente de celle qu'il avait véritablement[1] :

« Je considère qu'il y a nécessairement dans l'être vivant deux ordres de phénomènes :

« 1° Les phénomènes de création vitale ou de synthèse organisatrice ;

« 2° Les phénomènes de mort ou de destruction organique.

« Il est nécessaire de nous expliquer en quelques mots sur la signification que nous donnons à ces expressions *création* et *destruction* organiques.

« Si, au point de vue de la matière inorganique, on admet avec raison que rien ne se perd et que rien ne se crée ; au point de vue de l'organisme il n'en est pas de même (?). Chez un être vivant, tout se crée morphologiquement, s'organise, et tout meurt, se détruit. Dans l'œuf en développement, les muscles, les os, les nerfs apparaissent et prennent leur place en répétant une forme antérieure d'où l'œuf est sorti. La matière ambiante s'assimile aux tissus, soit comme principe nutritif, soit comme élément essentiel. L'organe est créé, il l'est au point de vue de sa structure, de sa forme, des propriétés qu'il manifeste.

« D'autre part, *les organes se détruisent, se désorga-*

(1) Vuillemin. *Assimilation et activité.* C. R. Acad. Sc., février 1896.

*nisent à chaque moment et par leur jeu même;* cette désorganisation constitue la seconde phase du grand acte vital.

« Le premier de ces deux ordres de phénomènes est seul sans analogues directs ; il est particulier, spécial à l'être vivant : *cette synthèse évolutive est ce qu'il y a de véritablement vital.* — Je rappellerai à ce sujet la formule que j'ai exprimée dès longtemps : « *La vie, c'est la création*[1]. »

« Le second, au contraire, la destruction vitale, est d'ordre physico-chimique, le plus souvent le résultat d'une combustion, d'une fermentation, d'une putréfaction (?) d'une action, en un mot, comparable à un grand nombre de faits chimiques de décomposition ou de dédoublement. Ce sont les véritables phénomènes de mort quand ils s'appliquent à l'être organisé.

« Et, chose digne de remarque, nous sommes ici victimes d'une illusion habituelle, et *quand nous voulons désigner les phénomènes de la vie, nous indiquons en réalité des phénomènes de mort.*

« Nous ne sommes pas frappés par les phénomènes de la vie. *La synthèse organisatrice reste intérieure, silencieuse, cachée dans son expression phénoménale, rassemblant sans bruit les matériaux qui seront dépensés.* Nous ne voyons point directement ces phénomènes d'organisation. Seul l'histologiste, l'embryogéniste, en suivant le développement de l'élément ou de l'être vivant, saisit des changements, des phases qui lui révèlent ce travail sourd : c'est ici un dépôt de matière, là une formation d'enveloppe ou de noyau, là une division ou une multiplication, une rénovation.

(1) Tout ce que contient cet alinéa est rigoureusement exact; ce que contiennent les précédents et les suivants en est la contradiction formelle ; qu'est-ce qu'un phénomène de création qui ne se manifeste que par des phénomènes de destruction ? C'est une chose absolument confuse et incompréhensible et toutes ces contradictions sont, je le répète, la conséquence de l'erreur qui consiste à croire que les phénomènes de fonctionnement, d'*activité vitale*, ne s'accomplissent qu'au prix d'une destruction organique.

« Au contraire, les phénomènes de destruction ou de mort vitale sont ceux qui nous sautent aux yeux et par lesquels nous sommes amenés à caractériser la vie. Les signes en sont évidents, éclatants : *quand le mouvement se produit, qu'un muscle se contracte, quand la volonté et la sensibilité se manifestent, quand la pensée s'exerce, quand la glande sécrète, la substance des muscles, des nerfs, du cerveau, du tissu glandulaire se désorganise, se détruit et se consume.* De sorte que toute *manifestation d'un phénonène dans l'être vivant est nécessairement liée à une destruction organique ;* et c'est ce que j'ai voulu exprimer lorsque, sous une forme paradoxale j'ai dit d'ailleurs (*Revue des Deux Mondes*, 1875) : LA VIE C'EST LA MORT. » (*Leçons sur les phénomènes de la vie*, p. 39.)

J'ai déjà montré (p. 172) que pour les êtres monoplastidaires au moins ce prétendu paradoxe cache une erreur absolue ; on peut le traduire somme toute dans le langage adopté ici : la condition n° 1, c'est la condition n° 2 ; ce qui, comme on dit en mathématiques, est absurde.

C'est cependant bien l'idée de Claude Bernard et ce n'est pas une illusion qui fait qu'on lui attribue cette manière de voir, car il dit plus loin :

« ..... Nous classons les phénomènes de la vie en deux grands ordres :

« 1° Les phénomènes d'usure, de *destruction vitale*, qui correspondent aux phénomènes fonctionnels de l'organisme ;

« 2° Les phénomènes plastiques ou de *création vitale*, qui correspondent au *repos fonctionnel* et à la régénération organique.

« Tout ce qui se passe dans l'être vivant se rapporte soit à l'un soit à l'autre de ces types, et la vie est caractérisée par la réunion et l'enchaînement de ces deux ordres de phénomènes. Cette division des phénomènes de la vie nous semble la meilleure de celles que l'on puisse proposer en physiologie générale. Elle est à la

fois la plus vaste et la plus conforme à la réelle nature des choses. Quelles que soient les formes que la vie puisse revêtir, la complexité *ou la simplicité de ces formes*, la division précédente leur est applicable. » (*Op. cit.*, p. 125.)

Qu'est donc ce *repos fonctionnel* dont parle Claude Bernard et qui coïncide avec la génération organique ? Ce n'est certes pas l'indifférence chimique ; il est inconcevable que la synthèse organique coïncide avec l'indifférence chimique. Mais qu'est-ce alors ? Puisque la division précédente des phénomènes vitaux s'applique à tous les êtres vivants quelle que soit *la simplicité de leurs formes*, nous devons en trouver des exemples *évidents, éclatants* (Cl. B.) dans l'étude des êtres monoplastidaires. J'ai déjà montré plus haut (p. 172) qu'il n'en est rien. Une cellule de levure de bière introduite dans un moût sucré fait fermenter ce moût et, *en même temps*, loin de s'y détruire, s'y multiplie (condition n° 1). Or qu'est-ce que le fonctionnement de la levure de bière sinon la fermentation du moût. Voilà donc une synthèse organique qui correspond aux phénomènes fonctionnels de l'organisme, ce qui est le contraire de l'assertion de Claude Bernard. Mais le repos fonctionnel ? Il ne peut correspondre qu'à la condition n° 2 ou à la condition n° 3, c'est-à-dire à la destruction organique plus ou moins rapide ou à l'indifférence chimique. Il me semble que cet exemple est d'une netteté absolue ; eh bien, il en est de même de tous les exemples empruntés aux êtres monoplastidaires.

C'est peut-être à cause de la difficulté, de l'impossibilité à laquelle il s'est heurté, de trouver chez ces êtres simples un cas de repos fonctionnel coïncidant avec une synthèse organique, ainsi qu'il a affirmé que cela devait avoir lieu (probablement d'après l'étude des êtres polyplastidaires), que l'illustre physiologiste a voulu rendre moins énergique cette affirmation même, et en a corrigé la clarté, quelques lignes plus loin, en rendant extrêmement confuse la séparation des deux

temps de la vie qu'il venait d'exposer si lumineusement :

« Ces phénomènes se produisent SIMULTANÉMENT chez tout être vivant, *dans un enchainement qu'on ne saurait rompre*. La désorganisation ou la désassimilation use la matière vivante dans les organes en *fonction :* la synthèse assimilatrice régénère les tissus ; elle rassemble les matériaux de réserves[1] que le fonctionnement doit dépenser. Ces deux opérations de destruction et de rénovation, inverses l'une de l'autre, sont absolument *connexes et inséparables*, en ce sens, au moins, que la destruction est la condition nécessaire de la rénovation. Les phénomènes de la destruction fonctionnelle sont eux-mêmes les précurseurs et les instigateurs de la rénovation matérielle, du processus formatif qui s'opère silencieusement dans l'intimité des tissus. Les pertes se réparent à mesure qu'elles se produisent et, l'équilibre se rétablissant dès qu'il tend à être rompu, le corps se maintient dans sa composition. »

On voit bien que dans tout ce passage l'auteur a en vue les métazoaires, les vertébrés même, puisqu'il parle d'*organes* en fonction ; il est certain qu'il n'y a pas d'organes dans la levure de bière ; toute la levure de bière *fonctionne* à la fois ; donc, d'après Claude Bernard toute la substance de la levure de bière en fonction doit se désorganiser, se détruire ; or, nous savons qu'elle se multiplie.

Y a-t-il un seul fait connu qui permette d'affirmer ce que Cl. Bernard affirme, que la destruction organique seule s'accompagne de phénomènes externes ; pourquoi vouloir a priori, que la synthèse assimilatrice s'accomplisse *silencieusement* au sein des tissus. La synthèse, comme la destruction, est une réaction chi-

(1) Ce sont donc maintenant les réserves et non plus la substance des organes elle-même que le fonctionnement dépense ? C'est vrai, nous le verrons, mais c'est précisément le contraire de ce que l'auteur a affirmé page 39, et même à la ligne précédente : use la *matière vivante* dans les organes en fonction.

mique et nous sommes habitués là voir des réactions chimiques aussi bien synthétiques qu'analytiques s'accompagner, par exemple, de chaleur et de lumière.

Je crois que la manière de voir de Cl. Bernard, généralement adoptée aujourd'hui, ne peut s'expliquer que par une comparaison illégitime d'un animal supérieur avec une machine mécanique, une machine à vapeur par exemple, et que cette comparaison est naturellement venue de l'emploi du même mot fonction, fonctionnement, pour les machines et les animaux, ainsi que je vais essayer de le montrer.

Qu'est-ce que le fonctionnement? Claude Bernard définit la fonction chez les êtres supérieurs seuls et d'une manière téléologique : « La *fonction* est une série d'actes ou de phénomènes groupés, harmonisés, *en vue* d'un résultat déterminé. Pour l'exécution de la fonction interviennent les activités d'une multitude d'éléments anatomiques ; mais la fonction n'est pas la somme brutale des activités élémentaires de cellules juxtaposées ; ces activités composantes se continuent les unes par les autres ; elles sont harmonisées, concertées, de manière à concourir à un résultat commun. C'est ce résultat entrevu par l'esprit qui fait le lien et l'unité de ces phénomènes composants, qui fait la fonction. » (*Leçons sur les phénomènes de la vie*, p. 370.)

Voilà qui va encore entraîner une confusion, le mot *fonction* et le mot *fonctionnement* se rapportant évidemment à des choses différentes ; il faut cependant que le terme fonctionnement se rapporte à quelque chose de général chez tous les êtres aussi bien monoplastidaires que polyplastidaires, puisque Claude Bernard l'emploie dans la division en deux groupes des phénomènes de la vie, pour *tous* les êtres vivants. Eh bien, chez les protozoaires et les protophytes, le mot fonctionnement ne peut se concevoir que comme un ensemble de phénomènes de la vie élémentaire manifestée. Ce que nous appelons fonctionnement d'un plastide, c'est ce quelque

chose par lequel il devient manifeste pour nous que ce plastide est vivant. La levure de bière fonctionne en faisant fermenter le moût, le microbe en sécrétant sa toxine, l'amibe en se déformant, l'infusoire en se mouvant sans relâche au moyen de ses cils vibratiles. Nous donnons le nom de fonctionnement à celui des phénomènes de la vie élémentaire manifestée d'un plastide qui nous frappe le plus particulièrement chez cette espèce de plastide. Il est d'ordre chimique (fermentation) pour la levure de bière, le microbe[1] ; il est d'ordre physique (mouvement) pour l'infusoire, l'amibe[2], etc.

A l'origine, le mot fonctionnement s'est appliqué aux machines construites par l'homme dans un certain but, pour accomplir un travail déterminé. La machine fonctionne en accomplissant la besogne à laquelle la destinait son constructeur ; cette besogne est sa fonction ; il est donc tout naturel que l'emploi du terme fonction entraîne une idée téléologique de but à remplir. C'est ce qui est arrivé, comme le prouve la définition de Claude Bernard, quand on a appliqué, en dehors des machines, le mot fonctionnement à toute production d'un travail spécial et particulièrement quand ce travail était utile à quelqu'un ; d'où l'idée naturelle d'un plan préexistant et de la construction de tous les corps en vue même de leur fonctionnement.

Ainsi, la levure de bière, *fonctionne* quand elle nous fabrique de la bière avec du moût. Or, dans ce cas particulier, il est bien facile de voir que nous ne pouvons séparer le fonctionnement de la vie élémentaire manifestée, ni, réciproquement, la vie élémentaire manifestée du fonctionnement ; autrement dit, le fonctionnement est un phénomène de la condition n° 1.

Il en est de même pour tous les plastides isolés, et ce n'est certes pas de leur étude que peut venir l'idée d'une destruction organique pendant l'activité et d'une réparation pendant le repos.

(1) Comme pour les glandes.
(2) Comme pour les muscles.

C'est seulement chez les animaux supérieurs que Claude Bernard définit la fonction ; une coordination remarquable existe en effet entre les divers actes qu'exécutent les divers organes ; il est donc bien naturel de supposer que chaque organe fonctionne dans un but déterminé. Or, ce qui n'avait pas lieu tout à l'heure pour la levure de bière à la condition n° 1, le fonctionnement est intermittent. Un muscle fonctionne en se contractant, mais il ne se contracte pas toujours ; dans l'intervalle de ses périodes de fonctionnement, nous disons qu'il se repose. Or le muscle est *vivant ;* il y a donc ici quelque chose qui semble nouveau : la vie avec fonctionnement et la vie sans fonctionnement. Nous savons que c'est une apparence, une illusion, tenant à un abus de mots, à la forme participe de l'adjectif vivant.

La levure de bière à la condition n° 3 est vivante et ne vit pas, n'est pas en train de vivre. Le muscle qui ne se contracte pas est-il en train de vivre? Sans doute dira-t-on, puisqu'il fait partie d'un corps vivant et actif.

C'est ici que se montre nettement la nécessité de distinguer la vie d'une agglomération polyplastidaire, et la vie élémentaire manifestée de ses éléments ; au point de vue où nous nous plaçons, nous n'avons pas à nous préoccuper de la vie (coordination), mais bien seulement de la vie élémentaire (propriété chimique), puisque nous voulons seulement savoir ce qui se passe dans un muscle, dans un élément musculaire qui fonctionne. Il est donc nécessaire de chercher une comparaison dans les êtres monoplastidaires.

Il y a pour un être monoplastidaire deux états d'*activité* chimique : la condition n° 1 (Vie élémentaire manifestée. fonctionnement, *assimilation*) et la condition n° 2 (*destruction*, absence de fonctionnement) ; il y a aussi un état de repos chimique, la condition n° 3.

La comparaison légitime d'un élément musculaire avec un plastide isolé nous amène donc à admettre pour lui deux états : condition n° 1 (fonctionnement, *contrac-*

*tion, assimilation*), condition n° 2 ou n° 3, absence de contraction (destruction ou repos) [1].

L'assimilation, la synthèse, la création organique concorderait donc avec le fonctionnement. Il importe de discuter ce résultat qui est en contradiction pour les métazoaires avec la manière de voir universellement adoptée; mais d'abord, demandons-nous pourquoi cette manière de voir est adoptée et si elle repose sur une comparaison aussi légitime que celle que nous venons de faire.

Il est bien certain que, lorsqu'un travail mécanique est produit, il représente une dépense quelconque; mais pourquoi admettre de prime abord que cette dépense ne porte pas plutôt sur les substances du milieu et les substances de réserve et ne coïncide pas avec une production de substances plastiques dans l'élément qui travaille?

Quand on parle de travail, on pense naturellement à une machine; mais la comparaison entre une machine et un organisme vivant n'est pas possible. Une machine à vapeur dépense du charbon et rend du travail; elle n'a pas changé au bout de quelques heures de fonctionnement; son activité a été exclusivement physique; chacune de ses pièces a reçu une impulsion provenant de la force élastique de la vapeur, et a transmis cette impulsion sans se modifier.

Dans un organisme vivant, au contraire, il n'y a pas d'activité purement physique; le muscle qui se contracte est le siège de réactions chimiques dans lesquelles interviennent sa propre substance, les matières de réserve et celles du milieu. Le phénomène mécanique de la contraction du muscle accompagne ces réactions chimiques, comme le dégagement de chaleur accompagne la combustion de l'hydrogène. C'est le travail résultant de cette contraction qui a fait comparer, à tort, on le

(1) Nous verrons tout à l'heure qu'il faut dire : condition n° 2 (destruction), puisque certains phénomènes nous prouvent que la condition n° 3 (repos chimique) n'est pas réalisée.

voit, le muscle à une machine, et, *comme une machine qui fonctionne s'use à la longue, on a pensé que le muscle s'use également en fonctionnant*[1].

Je ne vois pas autre chose qui puisse amener à l'idée de destruction fonctionnelle admise par Claude Bernard, et je me trouve ainsi tenté d'accorder plus d'importance à une comparaison naturelle entre un élément musculaire et un plastide isolé, qu'à une comparaison absolument illégitime entre cet élément et une machine physique. Néanmoins cette comparaison ne suffirait pas, si la conclusion qui en découle ne se vérifiait à postériori d'une manière éclatante.

Formulons d'abord cette conclusion : Une glande sécrète ; la sécrétion est son fonctionnement ; je prétends que ce fonctionnement est concomitant de l'assimilation, comme cela a lieu pour la sécrétion de toxine par un microbe. La sécrétion est un des phénomènes concomitants des réactions de la vie élémentaire manifestée des éléments glandulaires, comme la fermentation pour la levure ; de même pour un muscle qui se contracte.

Au contraire, en dehors de l'activité fonctionnelle, il ne peut y avoir, toujours comme chez les plastides isolés, que repos chimique ou destruction lente. Il n'y a pas repos chimique puisqu'il y a toujours oxydation (respiration), par exemple, donc il y a destruction.

Que doit-il résulter de tout cela ? 1° Qu'un organe qui fonctionne beaucoup se développe, parce que l'assimilation fonctionnelle l'emporte sur la destruction au repos ; personne n'ignore que l'observation courante nous en fournit des preuves multiples. Les muscles des lutteurs sont remarquables par leur développement ; 2° qu'un organe qui ne fonctionne pas du tout s'atrophie (muscles des membres immobilisés ; organes rudimen-

(1) Et cela a paru d'autant plus naturel que le muscle qui travaille *maigrit ;* mais la graisse n'est pas une substance plastique ; c'est une substance de réserve provenant de l'activité chimique de divers éléments anatomiques à la condition n° 2.

taires, etc.). Voilà des faits qu'il semble difficile d'expliquer si l'on admet le principe de Claude Bernard.

J'ai dit que la période de repos fonctionnel coïncide avec la condition n° 2 et non avec la condition n° 3. La respiration (oxydation), qui, on le sait, se produit chez un muscle, même à l'état de repos, suffit à prouver qu'il n'y a pas indifférence chimique ; or il n'y a pas assimilation d'après ce que nous venons de voir, donc il y a condition n° 2, destruction.

Quels sont les résultats de cette destruction? Nous pouvons nous en rendre compte en nous reportant à ce qui a été dit plus haut à propos de la concurrence vitale (p. 194). Quand certains plastides passent à la condition n° 2, ils rendent possible par là même la condition n° 1 d'autres plastides en rendant au milieu, par leur destruction même, des substances Q nécessaires à ces derniers.

Eh bien, nous savons, et c'est en cela que le repos fonctionnel est utile à l'ensemble de l'association, que cette période coïncide avec le « rassemblement des matières de réserve que le fonctionnement doit dépenser ». (Cl. Bernard. *Op. cit.*) Ces matières utiles à la réalisation de la condition n° 1 proviennent donc de la destruction même des substances plastiques à la condition n° 2. L'expression courante « *dégénérescence graisseuse* » est en effet absolument comparable à la *dégénération* du protoplasma séparé du noyau dans les expériences de mérotomie, c'est-à-dire, à la condition n° 2. Or nous savons que chez les gromies, par exemple, le résultat de cette dégénération peut servir de nourriture à la gromie nucléée.

Une autre cause de l'erreur admise d'après Claude Bernard est facile à concevoir désormais ; j'ai déjà insisté plus haut sur la nécessité de distinguer avec précision ce qui est substance plastique de ce qui est milieu intérieur. Un muscle qui diminue en tant que muscle peut *engraisser ;* un muscle qui s'accroît en

tant que muscle peut maigrir ; d'où la croyance, comme l'amaigrissement suit le fonctionnement, que le fonctionnement use les organes comme les machines.

Mais qu'est-ce alors que le phénomène de fatigue ? « Après plusieurs excitations, le muscle isolé se contracte moins énergiquement ; il faut une intensité plus forte de l'excitant pour provoquer une contraction ; finalement, le muscle refuse toute réaction. Le muscle isolé et *fatigué* reprend sa contractilité, est *restauré*, si on le laisse reposer ou si on fait passer à travers ses vaisseaux du sang oxygéné » (Frédérick et Nuel. *Op. cit.*) ; les auteurs attribuent, on s'en souvient, ce phénomène de fatigue à ce que « les contractions musculaires usant certains principes chimiques de la substance contractile, ces principes finissent par s'épuiser ». Nous savons que cela n'est pas vrai ; que se passe-t-il donc en réalité ?

Quand de la levure de bière a longtemps séjourné dans un moût où elle se trouvait à la condition n° 1, nous savons que l'accumulation d'alcool finit par s'opposer à sa vie élémentaire manifestée, même quand le moût contient encore toutes les substances Q nécessaires.

Qu'on élimine cet alcool d'une manière quelconque, et le moyen le plus simple pour cela est de transporter la levure dans un moût neuf, *la vie élémentaire manifestée recommence immédiatement*. Ceci est un phénomène très répandu dans l'histoire des plastides. Une ou plusieurs des substances R de leur équation II jouissent de la propriété d'entraver, quand elles sont suffisamment abondantes, leur vie élémentaire manifestée. Que l'on élimine ces substances R et la vie élémentaire manifestée redevient possible ; eh bien, l'on pourrait dire, en employant l'expression usitée pour les métazoaires, que l'accumulation des substances R *fatigue* les plastides ; leur élimination les *défatigue*.

Considérons un muscle qui travaille ; il est à l'état de vie élémentaire manifestée ; il dépense des substances Q

et produit des substances R. S'il travaille assez lentement pour que la circulation élimine constamment les substances R avant qu'elles n'aient atteint un degré de concentration nuisible, et renouvelle les substances Q avant qu'elles n'aient été complètement épuisées, il n'y a pas fatigue.

Au contraire, si le travail du muscle est très actif, l'élimination due à la circulation ne suffira pas à empêcher l'accumulation des substances R ; ces substances R se produisant plus vite qu'elles ne sont éliminées, leur proportion dans le milieu du muscle augmentera constamment ; la vie élémentaire manifestée devient de plus en plus difficile à réaliser ; le muscle est fatigué [1]. Qu'on le laisse reposer assez longtemps, la circulation éliminera les substances R et en même temps, une partie des substances plastiques synthétisées pendant le fonctionnement se détruira, comme nous l'avons vu, en donnant naissance dans cette condition n° 2 à des produits qui pourront à la prochaine condition n° 1 servir de substances Q à la vie élémentaire manifestée. La fatigue disparaîtra, le muscle sera défatigué.

Les substances R, c'est-à-dire les substances autres que les substances plastiques produites par les réactions de la condition n° 1, sont appelées à tort *produits de désassimilation ;* cette appellation provient naturellement de l'erreur qui consiste à croire que le fonctionnement concorde avec la destruction organique, la désassimilation. Nous savons au contraire que ces substances sont le produit des réactions mêmes de l'assimilation et il est facile de se rendre compte en étudiant les phénomènes connus de la physiologie que ces substances proviennent uniquement de la vie élémentaire manifestée ; il ne semble pas qu'elles se produisent au

(1) On sait que le muscle qui fonctionne produit de l'acide lactique (substance R). Eh bien, qu'on injecte une certaine quantité d'acide lactique dans un muscle, et le muscle sera fatigué tant que cet acide n'aura pas été éliminé ; on ne peut pas, dans l'explication de cette expérience faire intervenir l'usure par le fonctionnement puisqu'il n'y a pas eu fonctionnement.

cours de la condition n° 2, puisque *le repos ne fatigue pas. Somme toute, à la condition n° 1, c'est-à-dire pendant le fonctionnement, les réactions produisent des substances plastiques de l'organe qui fonctionne et des substances* R *dont l'accumulation produit la fatigue ; à la condition n°* 2, c'est-à-dire au repos fonctionnel, les réactions détruisent des substances plastiques de l'organe qui se repose et produisent des substances Q, c'est-à-dire des réserves. Ces deux périodes, activité et repos, sont donc inverses et se balancent, mais elles sont inverses tout autrement que ne le croyait Cl. Bernard et qu'on ne l'enseigne aujourd'hui dans presque tous les traités de physiologie.

Voilà un fait bien établi : les éléments histologiques qui constituent les organes des animaux supérieurs se trouvent tantôt dans la condition n° 1, tantôt dans la condition n° 2 ; deux éléments similaires, voisins et se trouvant par conséquent dans les mêmes conditions de milieu peuvent être *en même temps*, chacun à l'un de ces deux états opposés, fonctionnement (assimilation) et repos (destruction). Ceci ne se produisait jamais chez les êtres monoplastidaires ; deux cellules de levure de bière situées dans le même moût sont toujours l'une et l'autre dans le même état. C'est ici que la théorie des plastides incomplets intervient pour nous expliquer l'alternative de repos et de fonctionnement de ces éléments histologiques.

Si l'élément musculaire, par exemple, était un plastide complet, il trouverait à chaque instant dans le milieu intérieur, quand ce milieu serait convenable, les conditions de sa vie élémentaire manifestée ; il fonctionnerait donc sans interruption jusqu'à ce qu'il fût *fatigué* par l'accumulation de ses substances *R*, comme la levure de bière fonctionne sans interruption dans un moût sucré, jusqu'à ce qu'elle soit *fatiguée* par l'accumulation de l'alcool qu'elle produit.

Or, cela n'a pas lieu ; l'élément musculaire n'est donc

pas un plastide complet. Il ne se trouve à la condition n° 1 que si l'influx nerveux lui apporte une ou plusieurs molécules d'une substance plastique dont il manque[1]. Quand il reçoit cette ou ces molécules nécessaires, il est le siège des réactions de la condition n° 1 auxquelles ces molécules peuvent donner lieu, puis il retombe dans le repos, c'est-à-dire dans la condition n° 2, absolument comme un morceau de protoplasma de protozoaire séparé de son noyau dans une expérience de mérotomie.

Or, cet influx nerveux n'est provoqué que par une excitation extérieure, comme nous l'avons vu dans l'histoire élémentaire des réflexes ; on voit donc intervenir ici encore *le milieu extérieur*, jusque dans des réactions intimes qui sembleraient au premier abord devoir dépendre uniquement du milieu intérieur ; et c'est à ce point de vue qu'on peut dire véritablement que la vie est un conflit de l'organisme avec le milieu.

Je pourrais répéter pour les éléments glandulaires tout ce que j'ai dit pour les éléments musculaires. Pflüger a décrit des terminaisons nerveuses qui se mettent directement en rapport avec les éléments glandulaires. Le fonctionnement de ces éléments se manifeste, non plus par une contraction, mais par l'émission, à l'extérieur, de certaines substances *R*. Des fibres nerveuses de la corde du tympan sont capables de provoquer la sécrétion de la glande salivaire sous-maxillaire ; leur paralysie par l'atropine arrête toute sécrétion ; on connaît les expériences ingénieuses qui ont prouvé que la plus ou moins grande intensité de la circulation dans la glande, n'a aucune action sur le phénomène sécrétoire.

L'élément glandulaire, comme l'élément musculaire, est un plastide incomplet qui, séparé de l'élément nerveux, est incapable de donner lieu dans un milieu favo-

(1) Ou une excitation physique spéciale, pour les partisans de la théorie purement physique de l'influx nerveux, auquel cas l'élément anatomique ne serait pas plastide incomplet, mais plastide ayant besoin d'une condition physique nouvelle pour être à l'état de vie élémentaire manifestée.

rable aux réactions synthétiques de la vie élémentaire manifestée.

Mais les éléments nerveux? Beaucoup d'entre eux sont certainement des plastides incomplets, comme le prouvent les phénomènes d'atrophie. Je ne parle pas de l'atrophie des fibres nerveuses séparées par mérotomie des cellules nerveuses (v. p. 226); ce qui prouve que l'élément nerveux (cellule nerveuse et cylindraxe) est un plastide incomplet, c'est l'observation que :

« Lorsqu'un organe périphérique est depuis longtemps détruit ou supprimé, la partie des centres nerveux où aboutissent les nerfs de cet organe finit par s'atrophier; on s'est même servi de la localisation de cette atrophie pour rechercher la terminaison centrale des nerfs périphériques. C'est ainsi que Panizza, étudiant des sujets atteints d'anophthalmie congénitale ou morts longtemps après avoir perdu un œil, avait, d'après le trajet de l'atrophie ascendante, reconstitué en partie le trajet des fibres optiques et indiqué leur terminaison dans le lobe occipital.

C'est ainsi encore qu'une partie de la moelle épinière s'atrophie chez les anciens amputés, etc... Gudden a transporté ces faits dans le domaine expérimental. » (Nicolas, dans *Traité d'anatomie* de Poirier.)

Voilà donc des preuves de ce fait que certains éléments nerveux, au moins ceux qui sont en rapport direct avec des éléments histologiques périphériques sont des plastides incomplets. La vie élémentaire manifestée n'est possible, dans des conditions favorables de milieu, que pour une association d'éléments histologiques telle que, par exemple, celle d'un élément nerveux et des fibres musculaires auxquelles vient aboutir son cylindraxe. Au point de vue chimique rigoureux, une telle association seule peut être considérée comme un plastide.

Mais il y a des éléments histologiques qui sont sans aucun doute des plastides complets et se trouvent à l'état de vie élémentaire manifestée dans l'organisme, sans

interruption, tant que le milieu est convenable ; ce sont les plastides qui n'ont aucune connexion avec le système nerveux ; je n'en cite pour le moment qu'un seul exemple, lès *leucocytes*, qui se comportent dans le milieu intérieur absolument comme des amibes dans l'eau ; le milieu intérieur étant extrêmement spécial pour chaque espèce de vertébré supérieur, les leucocytes sont *adaptés* à un genre de vie très particulier ; les adaptations successives dont ils ont été le siège (v. p. 181) suffisent à expliquer la variation considérable qu'ils ont subie depuis l'œuf, variation qui n'est rien moins que la transformation en protozoaires de certains produits de la bipartition d'un œuf de métazoaire.

La conclusion de toutes les considérations précédentes est la *loi de l'assimilation fonctionnelle*, s'appliquant aussi bien aux êtres monoplastidaires qu'aux êtres polyplastidaires.

On considère en général qu'un élément histologique fonctionne et, *en outre*, se nourrit pour réparer les les pertes occasionnées par son fonctionnement. Nous avons vu qu'il y a là une erreur absolue et que : *le fonctionnement d'un élément histologique n'est autre chose que l'une des manifestations extérieures physiques, ou chimiques, propres à cet élément, des réactions qui déterminent précisément la synthèse de sa substance*[1]. Autrement dit : *le fonctionnement est un des phénomènes de la vie élémentaire manifestée de l'élément; fonctionnement et vie élémentaire manifestée sont inséparables.*

(1) J'ai dit plus haut que le fonctionnement exclusivement physique d'une machine ne saurait être comparé à celui d'un organe ; c'est pour cela qu'il est difficile d'emprunter aux machines un exemple qui permette de se rendre compte, par une comparaison, de ce phénomène singulier de l'assimilation accompagnant le fonctionnement ; voici cependant un rapprochement fort grossier avec une machine physico-chimique : dans la pile Marié Davy en activité, le zinc amalgamé, loin de s'user, s'amalgame sans cesse.

Nous retrouvons, aussi bien pour les éléments histologiques que pour les plastides isolés, les deux grands ordres de phénomènes par lesquels Claude Bernard caractérise la vie, mais renversés et ayant une signification toute différente :

1° *Les phénomènes de synthèse plastique, de* CRÉATION VITALE, *qui correspondent à l'activité fonctionnelle des éléments* (vie élémentaire manifestée, condition n° 1).

2° *Les phénomènes de destruction plastique, de* MORT VITALE (?), *qui correspondent au repos fonctionnel* (condition n° 2) ; pour les plastides isolés particulièrement, cette destruction peut être très lente et presque insensible (condition n° 3, indifférence chimique, vie élémentaire latente). La différence principale entre les plastides isolés et les éléments anatomiques est que, *dans un milieu convenable*, ces derniers sont à l'état de fonctionnement intermittent, et ce fait seul prouve que ce sont des plastides incomplets.

De cette loi de l'assimilation fonctionnelle, découle immédiatement une conclusion capitale :

Les machines que l'homme construit s'usent en fonctionnant ; aussi ne se construisent-elles pas elles-mêmes, tandis que *le contraire a lieu pour les êtres vivants*. Le principe de la destruction fonctionnelle de Claude Bernard empêche de concevoir la synthèse morphologique ; si la glande s'usait en sécrétant, il n'y aurait pas de glandes ; si le muscle s'usait en se contractant, il n'y aurait pas de muscles ; si les corps vivants se détruisaient en vivant, il n'y aurait pas de corps vivants.

Le physiologiste qui étudie, à un moment donné de l'existence d'un chien, le fonctionnement des divers organes de cet animal, se borne à établir les règles de ce fonctionnement sans se demander comment s'est construit le corps qu'il observe ; pendant le temps d'une observation physiologique, ce corps ne se modifie guère, aussi n'est-il pas facile de remarquer l'influence des opérations exécutées par l'animal aujourd'hui sur la forme qu'il aura demain. Eh bien, la destruction

fonctionnelle empêche de comprendre, non seulement comment le corps devient ce qu'il est, mais encore, comment il reste ce qu'il est quand il est adulte. Cette théorie doit emprunter, pour expliquer l'adaptation des organes à leur fonction, l'hypothèse téléologiste d'un plan préconçu : « En admettant que les phénomènes se rattachent à des manifestations physico-chimiques, ce qùi est vrai, la question, de son essence, n'est pas éclaircie pour cela ; car ce n'est pas une rencontre fortuite de phénomènes physico-chimiques qui construit chaque être sur un plan et suivant un dessin fixes et *prévus d'avance*, et suscite l'*admirable subordination et l'harmonieux concert des actes de la vie.*

« Il y a dans le corps animé un arrangement, une sorte d'ordonnance que l'on ne saurait laisser dans l'ombre, parce qu'elle est véritablement le trait le plus saillant des êtres vivants..... Les phénomènes vitaux ont bien leurs conditions physico-chimiques rigoureusement déterminées ; mais en même temps ils se subordonnent et se succèdent dans un enchaînement et *suivant une loi fixés d'avance :* ils se répètent éternellement, avec ordre, régularité, constance, et s'harmonisent en vue d'un résultat qui est l'organisation et l'accroissement de l'individu, animal ou végétal.

« Il y a comme un dessin préétabli de chaque être et de chaque organe, en sorte que si, considéré isolément, chaque phénomène de l'économie est tributaire des forces générales de la nature, pris dans ses rapports avec les autres, il révèle un lien spécial, il semble dirigé par quelque guide invisible dans la route qu'il suit et amené dans la place qu'il occupe. » (Cl. Bernard. *Leçons sur les phénomènes de la vie*, p. 50.)

Et un peu plus loin : « Ce n'est point par une propriété du protoplasma que l'on peut expliquer la morphologie de l'animal ou de la plante. C'est pourquoi nous séparons la synthèse morphologique qui crée les formes, de la synthèse organique qui crée les substances et la matière vivante amorphe. C'est comme

un nouveau degré de complication dans l'étude de la vie. Après avoir fixé les conditions de l'être vivant *idéal* (?) amorphe, réduit à sa substance (?), il faut connaître l'être vivant *réel* (!!) façonné, apparaissant avec un mécanisme, une forme spécifique[1]. » (*Id.*, p. 293.)

Cette remarquable coordination des actes de la vie est une conséquence immédiate de l'*assimilation fonctionnelle*. Un chien exécute aujourd'hui tel acte, aussi compliqué que vous voudrez, résultant du fonctionnement d'autant d'éléments histologiques que vous voudrez. Tous les éléments qui auront fonctionné dans l'accomplissement de cet acte se seront, par là même, *consolidés* si j'ose m'exprimer ainsi ; ils le seront d'autant plus que l'acte aura été répété plus souvent, tandis que d'autres éléments restés inactifs dans le même temps se seront trouvés à la condition n° 2 et seront, en conséquence, partiellement détruits.

Donc, un acte exécuté souvent devient de plus en plus facile à exécuter (actes habituels, habitudes), tandis que, si la théorie de Claude Bernard était vraie, chaque fois que cet acte s'exécute, il provoquerait une usure des éléments dont le fonctionnement est nécessaire à son accomplissement, et deviendrait par suite de plus en plus difficile et même enfin impossible à exécuter, ce qui est contraire à l'observation.

Un réflexe qui s'opère, consolide le chemin par lequel il passe et suivra plus facilement ensuite la même route ; c'est le phénomène élémentaire de la mémoire[2]. Dans la théorie de la destruction fonctionnelle, il n'y aurait pas de mémoire.

Les phénomènes de fatigue provenant de l'accumulation des substances R qui ne sont pas éliminées suffisamment vite, ou de l'épuisement des substances Q

(1) Voyez plus haut, page 146, le chapitre de la première partie intitulé *Morphologie et Physiologie*.

(2) Bien entendu, je parle ici du phénomène physiologique de la mémoire, de la mémoire elle-même, et non de l'épiphénomène psychologique de conscience qui l'accompagne.

insuffisamment renouvelées, s'opposent à l'accroissement indéfini d'un tissu déterminé en nécessitant une période de repos pendant laquelle les éléments de ce tissu sont à la condition n° 2 et se détruisent petit à petit. Il y a balancement des accroissements à la condition n° 1 et des diminutions à la condition n° 2.

Somme toute, *ce qu'est un chien aujourd'hui s'explique* COMPLÈTEMENT *par ce qu'il était hier et par tout ce qu'il a fait depuis hier; ce qu'il était hier s'expliquait par ce qu'il était avant-hier et par tout ce qu'il avait fait dans l'intervalle; et ainsi de suite, en remontant indéfiniment, jusqu'à l'œuf.* Il y a une relation étroite entre la physiologie et la morphologie, entre le fonctionnement et la morphogénie ; la synthèse morphologique est une conséquence directe de la loi de l'assimilation fonctionnelle.

Il n'y a plus donc rien de mystérieux dans la corrélation des formes et l'adaptation si remarquable des organes à leur fonction. Quand, au cours de la segmentation de l'œuf, par suite des diverses conditions que nous avons étudiées plus haut, s'établit un groupe d'éléments qui se distingue du reste de l'ensemble, nous appelons ce groupe *un organe;* quand la condition n° 1 se réalise pour ce groupe d'éléments, pour cet organe, *il fonctionne ;* c'est-à-dire que nous assistons à une manifestation extérieure provenant de l'ensemble des vies élémentaires manifestées de ses éléments, et en même temps, il se développe, précisément par *son fonctionnement*, et de telle manière que ce fonctionnement soit toujours possible ; quand l'organe est complètement développé, nous y voyons la *fonction* au sens où l'entend Claude Bernard (v. p. 240) et si nous ne savons pas ce qui s'est passé avant, nous pensons que l'organe a été construit en vue de l'accomplissement de sa fonction.

Si, au contraire, ce groupe d'éléments qui forme un ensemble distinct, se trouve, dans la suite, ne pas fonctionner, rester au repos par suite du développement

des organes voisins ou de toute autre cause, il reste constamment dans la condition n° 2 et entre en régression plus ou moins rapide ; d'où la loi des organes rudimentaires : *Tout organe inutile* (c'est-à-dire qui reste dans la condition n° 2 par suite des conditions générales de l'organisme) *a une tendance naturelle à s'atrophier et à disparaître.*

Dans certains cas, tous les organes, une fois constitués, deviennent inutiles (au sens de la phrase précédente) par suite de modifications dans les conditions générales de l'existence ; ils se détruisent tous alors petit à petit[1] (dégradation parasitaire ; disparition de tous les organes de locomotion chez les crustacés qui se fixent dans un hôte et y vivent en parasites, etc...).

Je pourrais citer des milliers d'exemples empruntés à la zoologie et à l'embryologie et qui sont des vérifications a posteriori de la loi de l'assimilation fonctionnelle : cela m'entraînerait à trop de détails. Ce qu'il faut retenir de tout ce qui précède, c'est que le fonctionnement d'un élément n'est jamais autre chose qu'un des phénomènes de sa vie élémentaire manifestée.

De quelle conception de la vie part donc M. Delage[2] quand, attribuant la vieillesse et la mort à la différenciation cellulaire, il se demande « pourquoi une cellule, différenciée ou non, ne peut-elle *vivre* (?) indéfiniment sans s'accroître et se multiplier ; pourquoi ne peut-elle recevoir de la force et rendre du travail sans modifier sa substance, ou en parcourant, dans ses changements, un cycle fermé qui la ramène exactement au point de départ ? » Mais comment, alors, se construirait la machine animale dans laquelle nous observons cette cellule ? Comment l'œuf de homard deviendrait-il homard ? Comment l'enfant deviendrait-il homme ?

(1) Que deviennent dans ce cas le plan préconçu, l'admirable subordination et l'harmonieux concert des actes de la vie ?

(2) Delage. *La structure du protoplasma*, etc., p. 771.

La théorie des plastides incomplets ne s'applique qu'aux métazoaires et surtout aux métazoaires supérieurs, au moins pour la plupart des éléments histologiques constituant le corps. Dans un arbre, chaque cellule vit pour son propre compte, pourvu que le milieu réalise les conditions de sa vie élémentaire manifestée. Aussi les phénomènes de bouture, de greffe y sont-ils fort compréhensibles ; ils le sont encore chez les animaux inférieurs, mais de moins en moins à mesure qu'on s'élève dans la série des métazoaires chez les plus élevés desquels ils deviennent de plus en plus restreints. Coupez la patte d'un chat et entretenez-y un courant de sang toujours renouvelé ; se développera-t-elle? Pas plus que la patte d'un chat qui, restée adhérente au corps de l'animal, a été privée de ses connexions nerveuses.

On voit que la théorie des plastides incomplets est en rapport avec la question de l'individualité et que l'individualité est d'autant plus nette que la différenciation cellulaire est plus grande. Avant d'aborder cette question délicate de l'individualité, je m'arrête quelques instants à l'examen d'une théorie assez généralement adoptée pour expliquer la différenciation cellulaire, l'*excitation fonctionnelle*.

---

# CHAPITRE XXII

## L'EXCITATION FONCTIONNELLE ET LA DIFFÉRENCIATION HISTOLOGIQUE

Nous avons établi plus haut l'équation II qui est l'équation générale de la vie élémentaire manifestée.

Pour quelques cas particuliers (infusoires sénescents) nous l'avons remplacé par l'équation III (p. 160) qui contient une part d'hypothèse.

Roux [1] admet sans démonstration une hypothèse analogue à celle-là dans des conditions où elle me semble absolument inacceptable. Il admet que, pour les cellules constituant un métazoaire, la synthèse de chaque substance plastique se fait dans des proportions variables *suivant la nature du milieu*, de telle sorte qu'au bout de quelque temps, l'une de ces substances prédomine dans chaque cellule, d'où la différenciation cellulaire.

Rien, chez les protozoaires, ne nous autorise à accepter une telle hypothèse. Nous avons vu, chez les infusoires, des différences très faibles se produire au bout d'un grand nombre de bipartitions et dans ces cas la mort était inévitable à moins qu'une conjugaison n'intervînt. Et pour ces infusoires, le phénomène était toujours le même quelque fût le milieu, aussi riche qu'il fût en substances nutritives, pourvu que la vie élémentaire manifestée y fût possible ; si elle n'était pas possible, l'infusoire se détruisait ou passait à l'état d'indifférence chimique.

Roux attribue dans la différenciation ainsi obtenue, dans la spécialisation des éléments histologiques, un rôle prépondérant à des *excitations* dont je ne puis comprendre le sens. On abuse beaucoup de ce mot excitation qui, du moment qu'il est question des phénomènes chimiques n'a pas de signification claire ; il fait songer instinctivement aux forces catalytiques des anciens chimistes.

Il est au contraire très facile, par des considérations fort simples, d'expliquer la différenciation histologique par la division hétérogène de plastides dans lesquels la distribution des substances plastiques est hétérogène parce que les conditions de milieu sont hétérogènes. J'en

(1) Delage. *La structure du protoplasma*, p. 724.

ai donné plus haut un exemple qui provient d'un fait d'observation ; on pourrait en donner mille semblables (v. p. 216).

Je continue à suivre Roux : « Lorsqu'une excitation en favorisant une substance aux dépens des autres a différencié chimiquement la cellule, elle est devenue *excitation fonctionnelle*, car elle n'a laissé dans la cellule que la substance qu'elle était particulièrement apte à exciter et la manifestation de cette excitation est devenue la fonction de la cellule..... Elle a besoin de cette excitation, non seulement pour fonctionner, mais pour vivre ; en effet, l'excitation fonctionnelle n'est devenue telle que parce qu'elle favorisait l'assimilation et il est naturel qu'en son absence l'assimilation languisse, soit débordée par la désassimilation et que la cellule s'atrophie et périsse. »

Autant que je puis comprendre malgré le vague de ce mot excitation, il me semble que cette manière de raisonner consiste à prendre l'effet pour la cause. Je suppose qu'un plastide *a* contienne en quantité plus grande qu'un autre plastide *b* une substance contractile, c'est-à-dire une substance dont la vie élémentaire se manifeste par une contraction, il est certain que la vie élémentaire de *a* se manifestera par des contractions plus évidentes que celle de *b*. En vertu de l'équation (II) chaque substance s'accroîtra *dans la même proportion* pendant le fonctionnement de *a* et de *b* de sorte que la substance contractile de *a* sera produite en plus grande quantité que celle de *b*, et il y aura certainement un rapport entre l'intensité des contractions et la quantité de substance contractile produite.

Voilà, je pense, d'où vient cette idée, qu'en *excitant la fonction contractile* (?) c'est-à-dire, il me sembe, en contractant artificiellement un plastide, on développe sa quantité de substance contractile, toute cause qui déterminera la contraction d'un plastide favorisera le développement de sa contractilité. C'est très obscur, mais, en outre, c'est faux, comme le prouve l'atrophie

des muscles d'un membre dépourvu de nerf, même si l'on entretient mécaniquement ses mouvements.

Et puis une cellule différenciée n'obéit plus qu'à l'excitation fonctionnelle (?), a besoin de cette excitation (?) non seulement pour fonctionner, mais pour vivre. Cela ne revient-il pas simplement à ceci ? La vie élémentaire manifestée d'une cellule ne se manifeste que par ce que nous appellons précisément la fonction de cette cellule ; la fonction d'une cellule est la forme extérieure de sa vie élémentaire manifestée, de sorte que l'on a pu prendre les conditions de la vie élémentaire d'une cellule différenciée pour une excitation (?) spéciale de sa fonction spéciale.

Le sucre du moût de bière est l'*excitation* adéquate à la fonction fermentante de la levure de bière ; si l'on n'excite pas cette fonction fermentante par la présence du sucre dans le moût, la levure de bière n'est plus capable d'assimiler ; toute autre *excitation* capable de favoriser une autre fonction, comme la présence d'un sulfate favorise par exemple la fonction sulfureuse des thiocystis, n'aura aucune action assimilatrice sur la levure de bière. Présenté de cette façon, ce raisonnement est enfantin ; il est cependant identique à celui auquel je fais allusion.

Je continue l'étude de l'excitation fonctionnelle de Roux : « Pour les glandes, l'excitant fonctionnel est le sang (nous savons que ceci est faux, v. p. 249) ; pour les muscles c'est le courant nerveux... [1]. » Je m'arrête là ; voilà donc d'où est partie cette théorie de l'excitation fonctionnelle ! Il est bien certain que l'influx nerveux, complétant les conditions de la vie élémentaire manifestée d'un muscle, ne lui fera pas accomplir une fonction glandulaire. Une flamme introduite dans un mélange d'hydrogène et d'oxygène déterminera la formation d'eau et non celle d'acide carbonique.

Y a-t-il d'ailleurs une différence notable entre l'influx

(1) Delage. *Op. cit.*, p. 731.

nerveux qui détermine le fonctionnement d'une glande et celui qui détermine le fonctionnement d'un muscle? C'est peu probable, mais nous ne pouvons pas l'affirmer, car il faudrait pour cela connaître un même cylindraxe innervant un muscle et une glande, et il découle naturellement du développement que chaque nerf innerve un groupe physiologique d'éléments histologiques.

Dans tous les cas, il faut en revenir à ce que j'ai dit plus haut, chaque élément histologique, comme chaque corps de la chimie, fonctionne suivant sa nature, et l'on doit considérer, comme *excitation fonctionnelle* de cet élément histologique, toute cause qui complète pour lui les conditions de la vie élémentaire manifestée.

J'insiste sur cette théorie de l'excitation fonctionnelle parce que M. Delage [1] l'accepte et lui attribue une grande importance morphogénique. Or, elle part évidemment d'une idée anthropomorphique. Si l'une des parties d'un animal est soumise à des frottements constants, il s'y forme une excroissance, un durillon, parce que l'acte réflexe parti du frottement réalise dans les éléments histologiques de cette région les conditions de la vie manifestée d'une façon plus continue que dans les régions voisines, mais coupez le nerf de cette région et tous les frottements que vous exercerez n'y développeront aucun durillon. De même si un bras fonctionne fréquemment, son muscle se développe, mais coupez le nerf qui y correspond et vous pourrez tirailler indéfiniment le muscle sans qu'il s'hypertrophie. Or, c'est là la théorie de l'excitation fonctionnelle. Prenez un plastide complet et soumettez-le à des tiraillements fréquents, il deviendra un muscle? Je ne vois aucune raison de le croire. Si vos tiraillements arrêtent sa vie élémentaire manifestée il se détruira, s'ils ne l'arrêtent pas, les mêmes phénomènes chimiques se passeront et

(1) Delage. *Op. cit.*, p. 738.

les mêmes substances seront synthétisées. Seulement, leur distribution pourra être modifiée dans le plastide sous cette influence mécanique.

J'ai dit plus haut quelle importance les faits d'observation courante nous conseillent d'accorder au contraire à la division hétérogène dans la différenciation histologique et comment cette division hétérogène est la conséquence des rapports du plastide considéré avec les plastides voisins et les milieux qui le baignent. Une fois la différenciation effectuée, chaque plastide fonctionne suivant sa nature, mais son fonctionnement qui n'est que l'ensemble des phénomènes extérieurs concomitants à sa vie élémentaire manifestée, ne peut en rien altérer ses propriétés, puisqu'il est au contraire le résultat d'un ensemble de réactions qui déterminent l'accroissement de toutes ses parties dans les mêmes proportions. Il est donc impossible de séparer l'évolution d'un métazoaire de l'étude de sa vie à un moment donné ; il est impossible d'étudier complètement sa vie sans partir de l'œuf pour arriver à l'adulte et même au vieillard.

---

# CHAPITRE XXIII

## L'INDIVIDUALITÉ DES MÉTAZOAIRES

J'ai déjà parlé de l'individualité à propos des plastides, mais cette notion, empruntée aux animaux supérieurs, n'offre que peu d'intérêt pour les protozoaires. Un individu est, au sens étymologique du mot, un corps qui ne peut être divisé sans perdre ses propriétés spéciales ; pour un corps vivant, la propriété la plus spéciale est la vie ; un individu vivant est donc un corps

qui ne peut être divisé sans que l'une au moins des parties résultant de la division perde la vie.

Un métazoaire est une agglomération de plastides; les phénomènes de *vie* de cette agglomération sont, d'une part les manifestations d'ensemble (coordination, synergie), la résultante des activités élémentaires de tous les plastides, d'autre part les réactions provenant, dans chaque plastide, de l'influence des plastides voisins, c'est-à-dire les particularités qui caractérisent la dépendance de chaque plastide par rapport à l'ensemble. Nous devons donc considérer l'individualité à deux points de vue : 1° dépendance réciproque des éléments histologiques; 2° coordination, manifestations d'ensemble résultant des activités élémentaires de tous les plastides.

Au premier point de vue, le milieu intérieur nous donne une définition immédiate de l'individualité.

Considérons un chien, par exemple ; c'est, comme je l'ai déjà dit, un sac clos, traversé de part en part par le tube digestif, mais néanmoins absolument clos. Ce sac, constitué lui-même par des éléments histologiques, renferme les éléments histologiques et le milieu intérieur.

Tous les éléments histologiques puisent dans ce milieu intérieur les substances $Q$ qui leur sont nécessaires, et y rejettent leurs substances $R$. Il y a donc solidarité entre tous les plastides contenus dans le sac, en ce sens que les conditions dans lesquelles se trouve chacun d'eux, dépendent du fonctionnement de tous les autres.

L'individualité, ainsi définie, peut s'appliquer à un aquarium contenant des protozoaires, des microbes, des métazoaires, aussi bien qu'à un chien. Chacun des êtres vivant dans l'aquarium se trouve dans des conditions de milieu modifiées à chaque instant par tous ses cohabitants.

D'autre part, imaginez un parasite dans les tissus du chien, microbe, sporozoaire ou tout autre, il sera

également solidaire des éléments anatomiques du chien en ce sens qu'il se trouvera dans un milieu sans cesse modifié par eux et qu'il modifiera lui-même pour sa part. Combien de parasites ne peuvent exister que dans tel tissu de telle espèce animale parce que là seulement ils rencontrent les conditions favorables à leur évolution ? Evidemment, si l'on définissait uniquement l'individualité par le milieu, il faudrait considérer ces parasites comme faisant partie de l'individualité du chien et ce serait très raisonnable au point de vue physiologique.

On restreint la définition de l'individualité en introduisant la question d'origine. Feront seuls partie de l'individualité d'un animal les plastides provenant d'un plastide unique par voie de division. Ceci élimine immédiatement les parasites et encore reste-t-il une certaine difficulté pour ceux qui, comme la pébrine des vers à soie, existent en germe dans l'œuf.

Mais ce n'est pas le seul point par lequel pêche une telle définition. Faisons à un chien une greffe épidermique ou osseuse avec des parties empruntées à un de ses congénères, les cellules de cette greffe ne feront-elles pas partie de son individualité ? Elles ont pourtant une origine différente.

De plus, considérons dans un tube de bouillon pur un microbe unique. Il se développe et produit des milliards de microbes semblables. Tous ces microbes ayant une origine commune et se trouvant solidaires les uns des autres dans un milieu commun forment-ils un individu ? Ceci introduit la question de continuité. M. Ed. Perrier définit un individu : « tout ensemble de parties, capable de vivre par lui-même, formé de plastides ayant une même origine, et unis entre eux, soit par continuité protoplasmique, soit par simple contact, soit par l'intermédiaire d'une substance inerte produite par eux ». Il faut lire les réflexions de ce savant sur la notion de l'individualité dans la série animale ; on sera amené à considérer avec lui que l'*indivisibilité* des

organismes supérieurs ayant donné naissance à la conception particulière de l'*individualité*, on a eu tort de vouloir étendre cette conception aux organismes inférieurs. On a d'ailleurs proposé un grand nombre de définitions de l'individualité suivant qu'on a eu en vue l'individualité zoologique ou physiologique.

C'est de l'étude des vertébrés qu'est née l'idée d'individualité ; c'est chez eux qu'il faut l'étudier et essayer de lui donner un sens précis.

Il est certain que le milieu intérieur n'est pas à négliger ; quoique les parasites introduits éventuellement jouissent de ce milieu au même titre que les éléments anatomiques, la nature de ce milieu joue un rôle capital dans la vie élémentaire manifestée des parties constitutives du corps.

La question d'origine est également importante ; un vertébré normal, qui n'a été l'objet d'aucune greffe et qui ne contient aucun parasite, est entièrement composé d'éléments provenant d'un plastide unique.

Mais, l'individualité n'est pas absolue en ce sens que toute partie séparée de l'ensemble n'est pas forcément condamnée à la destruction ; la greffe sur un autre vertébré semblable est possible ; l'œuf détaché de la mère peut se combiner à un spermatozoïde du père et résister à la destruction.

La condition de continuité, au sens où l'admet M. Edmond Perrier, suffit à nous renseigner sur ce cas ; la partie greffée sur un autre vertébré est détachée de l'individu, ne fait plus partie de l'individu puisqu'elle n'est plus en continuité avec lui.

Eh bien, c'est à cette notion de continuité, mais entendue d'une façon plus spéciale, que nous aurons recours pour arriver à la notion d'individualité, de personnalité, telle qu'elle a été véritablement acquise dans le principe par l'observation grossière des vertébrés, de l'homme surtout.

Revenons au sac qui constitue le corps d'un vertébré ; tous les éléments histologiques qui y sont contenus y

sont, chacun pour son propre compte, soumis aux réactions de la vie élémentaire manifestée ; chacun d'eux influe par sa propre activité sur les conditions d'activité de tous les autres à cause des modifications qu'il apporte à la composition du milieu; cette composition reste sensiblement constante par suite du fonctionnement simultané de tous les éléments et des échanges qui ont lieu entre le milieu et l'extérieur. Donc tous les éléments sont solidaires les uns des autres comme je l'ai déjà dit. Mais s'ils ne l'étaient que de cette façon, les différences entre deux individus seraient bien faibles et exclusivement d'ordre chimique.

Il y a une continuité d'un tout autre ordre entre certains éléments histologiques, continuité grâce à laquelle un phénomène qui se passe dans l'un d'eux peut avoir un retentissement rapide dans un très grand nombre des autres, sans que ce phénomène ait déterminé, même localement, une modification sensible du milieu intérieur.

Quelques éléments, les leucocytes par exemple, sont soustraits à cette continuité qui est la continuité nerveuse [1].

On connaît la théorie des réflexes; j'ai exposé plus haut, rapidement, le mécanisme du plus simple des réflexes qui se ramène somme toute à l'influence probablement physique du fonctionnement d'un plastide complet (élément périphérique + élément nerveux) sur un autre plastide complet (élément nerveux + élément périphérique).

L'élément nerveux d'un tel plastide complet a souvent un cylindraxe d'une très grande longueur (jusqu'à un mètre chez l'homme). Or, les cellules nerveuses de ces divers éléments nerveux sont rassemblées dans

(1) Bien entendu, l'expression : « continuité nerveuse » n'indique pas une continuité de substance dans tout le système nerveux, mais une conduction possible d'un bout à l'autre de ce système, par continuité dans l'étendue d'un plastide complet, par contiguité d'un plastide au plastide voisin.

des parties très localisées du corps et les prolongements protoplasmiques de chacune d'elles se trouvent en relation de contiguité avec des prolongements d'un grand nombre d'autres cellules nerveuses dont les unes font partie d'un plastide complet à élément périphérique, dont les autres ont seulement des relations de contiguïté avec d'autres cellules nerveuses analogues... etc. Je ne puis m'étendre ici sur cette description qu'on trouve dans toutes les anatomies récentes.

En temps ordinaire, *tous* les éléments nerveux du corps d'un vertébré sont en relation de contiguité les uns avec les autres, de sorte qu'une réaction locale intéressant un seul nerf, une excitation d'un élément périphérique sensible par exemple, *peut* avoir une répercussion dans tous les éléments nerveux et, par conséquent, dans tous les éléments histologiques qui sont en connexion avec les éléments nerveux. On donne le nom plus particulier de centres nerveux à des amas d'éléments nerveux qui sont en état de contiguité plus intime entre eux qu'avec le reste du système ; naturellement, le résultat de l'*excitation* d'un élément périphérique se transmettra de préférence, comme nous l'avons vu, par les points de plus grande contiguité, de moindre résistance. On conçoit donc que certaines excitations faibles n'influencent qu'un nombre restreint d'éléments anatomiques, et particulièrement de ceux qui sont en relation avec le même centre nerveux ; mais les excitations plus fortes se transmettent à un nombre plus grand d'éléments. Néanmoins, on voit que, si l'on définit l'individualité par la continuité nerveuse, chaque centre nerveux déterminera en quelque sorte une individualité de second ordre.

Qu'un phénomène de discontinuité se produise pour une raison quelconque (sommeil par exemple) entre un centre nerveux et le reste du système, il y a momentanément deux individualités distinctes.

Les épiphénomènes de conscience que nous étudierons dans la dernière partie accompagnent les phénomènes

de conduction nerveuse ; l'individualité psychologique est donc parallèle à l'individualité physiologique définie par la continuité du système nerveux. Or, il est bien certain que la notion première d'individualité est venue de celle du *moi ;* l'individualité physiologique qui a le plus de rapport avec l'individualité au sens vulgaire doit donc être définie par la continuité du système nerveux.

Mais tous les éléments histologiques qui entrent dans la constitution du corps d'un homme, par exemple, ne font pas partie de l'individualité ainsi définie ; cette individualité ne comprend que les éléments nerveux et les plastides incomplets qui sont en connexion immédiate avec quelques-uns d'entre eux ; les leucocytes, par exemple, les produits génitaux, sont en dehors de l'individualité ainsi définie.

Il y a donc, somme toute, deux manières de définir l'individualité : l'une par le milieu intérieur, qui comprend, outre les éléments du corps, tous les parasites internes, l'autre par la continuité nerveuse qui ne comprend pas certains éléments provenant notoirement de l'œuf. Cette dernière correspond seule à l'individualité psychologique ; elle n'entraîne pas la nécessité d'une origine commune ; des plastides incomplets provenant d'un être B et ayant contracté par greffe des connexions avec des éléments nerveux d'un autre être A, font partie de l'individualité par continuité nerveuse de ce second être A.

La possibilité de la greffe prouve que l'individualité n'est pas absolue même chez les êtres les plus élevés en organisation, l'homme par exemple. Elle devient de plus en plus confuse à mesure que l'on trouve, en descendant la série animale, des séries de centres nerveux de plus en plus indépendants les uns par rapport aux autres (vers, échinodermes, etc.) ; elle est presque inconcevable chez les cœlentérés où il existe seulement un certain nombre de groupes épithélio-neuro musculaires comme nous l'avons vu plus haut ; on sait en effet que

des morceaux quelconques d'une hydre peuvent reproduire une hydre complète ; enfin, elle n'existe plus du tout dans les colonies de protozoaires et chez les végétaux. Ce n'est donc que par une série de conventions que l'on arrivera à définir l'individu dans chaque groupe zoologique.

En dehors de la question du *moi*, que signifie la notion d'individualité par continuité nerveuse chez les êtres les plus élevés en organisation, les mammifères par exemple ? Elle correspond à un certain nombre de caractères différenciels qui font distinguer un être de tous les autres êtres semblables, caractères différenciels qui proviennent de l'agencement particulier du système nerveux. Or, étant donné ce que nous savons sur le rôle morphogénique du fonctionnement nous devons prévoir qu'il sera absolument impossible que deux êtres d'une même espèce soient identiques ; en admettant même que ces deux êtres provinssent d'œufs rigoureusement identiques [1], il faudrait admettre qu'ils se sont trouvés, tous deux, rigoureusement dans les mêmes conditions pendant tout leur développement, ce qui est irréalisable ; or, un chien aujourd'hui est le résultat de ce qu'il était hier et de *tout ce qu'il a fait depuis hier ;* il y aura donc toujours des différences individuelles qui se manifesteront par la manière de réagir à tel ou tel excitant.

L'individualité variera donc à chaque instant, par l'assimilation fonctionnelle ; mais à l'état adulte, il y a une corrélation qui fait qu'elle se maintient presque identique à elle-même pendant assez longtemps ; en dehors de l'état adulte, il se produit avec le temps dans ce que nous appelons un même individu, depuis l'enfance jusqu'à la vieillesse, des variations d'arrangement bien plus grandes que celles qui distinguent, à un même moment, deux adultes différents.

(1) Ce qui est presque impossible, nous le verrons, puisqu'il faudrait pour cela que tous les ascendants de ces deux œufs aient toujours été dans les mêmes conditions depuis l'origine.

A l'état adulte, pendant que l'individualité se modifie peu, il faut néanmoins se rendre compte que la substance constituante est sans cesse renouvelée ; seul, l'arrangement des parties persiste, à peu de chose près, grâce à l'assimilation fonctionnelle.

---

# CHAPITRE XXIV

## VIE; ÉTAT ADULTE; BALANCEMENT ORGANIQUE

Claude Bernard, considérant la notion de *vie* comme une notion primitive, déclare qu'il est illusoire de chercher à la définir ; tout ce que nous venons de voir dans les chapitres précédents nous montre que la vie d'un métazoaire est quelque chose d'extrêmement complexe et que si nous échouons dans un essai de définition de la vie, c'est parce qu'elle est trop compliquée et non parce qu'elle est trop simple, ou plutôt parce qu'elle est trop différente dans chaque cas différent.

« Il suffit qu'on s'entende sur le mot *vie* pour l'employer ; mais il faut surtout que nous sachions qu'il est illusoire et chimérique, contraire à l'esprit même de la science, d'en chercher une définition absolue. » (*Leçons sur les phénomènes de la vie*, p. 24.)

J'ai déjà fait remarquer que le mot *vie* s'applique dans tant d'acceptions diverses, qu'il est impossible de « s'entendre sur le mot vie », si on ne restreint pas sa signification, et j'ai commencé par séparer de l'ensemble des êtres dits vivants, tous les êtres monoplastidaires. Nous avons vu que la *vie élémentaire* de ces êtres est susceptible d'une définition précise et générale. La vie élémentaire manifestée, la vie élémentaire latente, la mort

élémentaire se définissent de même rigoureusement. En essayant de définir la vie, qui se rapporte non plus à des plastides, mais à des agglomérations de plastides, nous aurons donc le droit de nous servir des expressions précédentes comme de termes parfaitement clairs.

Mais nous allons nous heurter immédiatement à une grave difficulté ; nous avons vu, dès le début de cette seconde partie, que ce qui caractérise le plus nettement la vie, c'est la coordination d'un très grand nombre d'activités élémentaires ; un métazoaire, CONSIDÉRÉ A L'ÉTAT ADULTE est donc comparable de tout point à une *machine montée*. Si nous voulons définir cette machine montée d'une manière tellement complète que notre définition s'applique exclusivement à la machine *capable de fonctionner* (vie) et non à la machine hors d'usage (mort), comme la suppression du moindre rouage peut entraver la marche de la machine, *nous sommes forcés de décrire minutieusement toute la machine*, ce qui est impossible dans la plupart des cas, puisque nous ne pouvons connaître la plupart de ses pièces cachées à l'intérieur, qu'après que la machine a été démolie (mort) et que cette démolition de la machine, dans le cas des êtres vivants, entraîne la destruction plus ou moins rapide de ses rouages.

De plus, en vertu de l'assimilation fonctionnelle, la machine varie à chaque instant dans sa structure par son fonctionnement même ; il faudrait donc, pour définir la vie d'un chien à chaque moment précis, décrire complètement ce chien à ce même moment précis.

Une définition générale de la vie considérée chez les adultes entraînerait donc la description, à un moment donné, de tous les individus de toutes les espèces à ce moment donné. Il est inutile de montrer que c'est impossible.

Dans une définition générale et complète des machines à vapeur, on étudie d'abord la vapeur et ses propriétés, on explique comment la vapeur peut être une source de mouvement et ensuite on décrit minutieusement,

pièce à pièce, toutes les machines à vapeur, sans quoi il est impossible à quelqu'un qui ne connaissait pas jusque-là les machines à vapeur d'affirmer que telle ou telle de ces machines est en bon état ou hors d'usage. De même, dans une définition générale et complète des êtres polyplastidaires adultes, nous commençons par étudier les plastides, c'est-à-dire la vie élémentaire et ses propriétés, et il faudrait ensuite décrire pièce à pièce tous les êtres polyplastidaires adultes, ce qui est impossible, nous l'avons vu.

D'ailleurs, étant donné ce que nous savons du lien étroit qui rattache la physiologie à la morphologie, le fonctionnement à la morphogénie, il semble que si l'on pouvait donner une définition immédiate de la vie de tous les êtres polyplastidaires adultes à un moment donné, on enseignerait par cette seule définition toute la zoologie et toute la botanique.

Eh! bien, c'est précisément ce lien de la physiologie et de la morphologie, cette action morphogénique du fonctionnement, cette propriété de l'organisme de se construire lui-même qui va nous permettre de sortir d'embarras; mais pour cela il sera nécessaire d'envisager la vie pendant toute sa durée et non plus à un moment donné de l'état adulte.

La vie commence à l'œuf fécondé; nous verrons plus loin, à propos de la reproduction des êtres polyplastidaires en général, que les deux gamètes qui s'unissent pour former l'œuf ne sont pas des plastides complets, ne sont pas doués de vie élémentaire, mais sont des amas de substances plastiques dont chacun séparément ne peut être qu'à la condition n° 2. Pour un être qui provient d'un œuf fécondé, il y a donc un commencement bien net : *vie élémentaire* apparaissant par la fécondation même ; puis *vie* provenant de la bipartition (non suivie de séparation) qui est la conséquence naturelle de la vie élémentaire manifestée de l'œuf. A partir de la première bipartition, la vie existe, elle se continue au cours des bipartitions successives, qui donnent une

agglomération de plastides de plus en plus nombreuses, elle a donc des caractères particuliers à chaque moment puisqu'elle se rapporte à un nombre variable d'éléments disposés d'une manière qui varie à chaque instant.

A chaque instant, l'agglomération polyplastidaire considérée est vivante; il y a à considérer sa vie à trois points de vue : 1° en tant que *structure;* 2° en tant qu'*état;* 3° en tant que phénomène; mais ces trois manières de considérer la vie ne peuvent en général se séparer; ce n'est plus comme pour la vie élémentaire, *propriété*, qui pouvait se manifester ou ne pas se manifester suivant les cas.

L'état d'indifférence chimique, par exemple, si fréquemment réalisé pour les plastides isolés, ne pourra pas l'être en général chez les métazoaires, jamais chez les vertébrés; chez un vertébré, en effet, la différenciation des éléments histologiques est extrême; il faudrait des conditions très spéciales à chacun d'eux pour qu'ils pussent, sans se détruire, passer à l'état de vie latente; or, on sait avec quelle facilité les moindres modifications de milieu détruisent ces éléments délicats. De plus, si la vie latente était réalisée pour un grand nombre d'entre eux seulement, les modifications qui en résulteraient dans la composition du milieu intérieur amèneraient la destruction des autres.

Chez un vertébré donc, il n'y a pas à considérer la vie latente et la vie manifestée. La vie indique un état de choses qui ne peut cesser d'être sans que les vies élémentaires des éléments histologiques soient rapidement détruites; la vie est sans cesse manifestée; le mot vie représente donc toujours chez un vertébré un *état particulier* d'un corps doué d'une *structure particulière* et qui, à cet état particulier, présente des *phénomènes particuliers*. En d'autres termes, par opposition avec ce que nous avons vu pour les plastides, un vertébré *vivant* est toujours *en train de vivre* [1].

(1) Chez certains métazoaires inférieurs on a constaté une véritable *vie latente* par dessiccation; certains rotifères adultes

Un grand nombre des éléments histologiques sont des plastides incomplets ; aussi leur vie élémentaire manifestée est-elle discontinue.

Pendant ces intervalles de discontinuité, il y en a qui se détruisent ; l'être vivant se compose à un moment donné de tous ceux des éléments histologiques qui font partie d'un plastide complet ; tous les phénomènes qui résultent de l'activité partielle ou totale des éléments histologiques d'un être sont des phénomènes de la vie de cet être ; nous constatons en général, par suite de l'assimilation fonctionnelle, une telle coordination entre tous les éléments constitutifs d'un métazoaire, que l'activité qui se manifeste dans une partie ou dans l'ensemble de ces éléments, entretient des conditions de milieu n'entraînant pas leur destruction.

Eh ! bien, tant que cela dure, nous disons que l'être est vivant ; quand cette coordination cesse et que, par suite, la plupart des éléments histologiques sont condamnés à une destruction fatale, nous disons que l'être meurt ; nous verrons plus loin que l'on peut définir la mort dans chaque cas particulier sans emprunter rien à la notion de vie. Nous définirons donc la vie en déterminant son commencement et sa fin. La vie commence à l'œuf fécondé ; elle finit à la mort ; nous savons ce que c'est que l'œuf fécondé qui est un plastide doué de vie élémentaire ; nous verrons plus loin ce que c'est que la mort. Entre la fécondation et la mort, l'être est vivant ; sa vie est caractérisée à chaque instant par une *structure spéciale* qui dépend de la structure existant un instant auparavant et de tout ce que l'être a fait

peuvent être desséchés complètement, tout en gardant la structure caractéristique de la vie (anhydrobiose) ; tous leurs éléments histologiques passent donc à la fois à l'état de vie élémentaire latente sans qu'aucun d'eux se détruise ; la coordination de ces divers éléments subsiste et se retrouve manifestement la même quand l'humidité est rendue à l'animal.

Mais c'est là une exception fort rare ; en général, un métazoaire vivant est toujours en train de vivre ; il vit sans interruption depuis la fécondation jusqu'à la mort.

dans l'intervalle (v. p. 255) ; elle se manifeste à chaque instant par des *phénomènes spéciaux* qui dépendent de la structure correspondante et de l'*état* des éléments au même moment, en rapport avec les conditions de milieu.

A partir du moment où il y a deux plastides accolés, on ne peut plus parler de vie élémentaire pour l'embryon [1], car l'un de ses plastides sera plus ou moins dépendant de l'autre ; l'ensemble des réactions qui se produisent dans l'un d'eux à un moment donné peut différer, par suite de l'action de son voisin, de ce qu'il serait si le plastide était seul dans le milieu ; en particulier, la distribution des substances plastiques dans chaque plastide pourra être influencée par la présence de l'autre, puisqu'il y a toute une partie de la surface de chacun d'eux, la surface de contact, qui est dans des conditions d'échanges différentes de celles du reste de la surface. Il se pourra donc que, dès la bipartition suivante, chacun de ces deux plastides donne naissance à des plastides différents. Cela est même possible dès la première bipartition quand l'œuf était déjà un plastide dissymétrique. Les intéressantes expériences de Chabry ont montré le degré d'indépendance des premiers blastomères.

Mais c'est surtout à partir du moment où la blastosphère aura un milieu intérieur que la division des plastides pourra devenir hétérogène, comme nous l'avons vu plus haut.

Dès ce moment, l'individualité physiologique est établie par la présence de ce milieu intérieur commun ; il se peut, suivant le degré de différenciation provenant des divisions hétérogènes, qu'une partie séparée de l'embryon dans une expérience de mérotomie contienne encore, ou ne contienne plus, tout ce qui est nécessaire

(1) Ou, du moins, il n'y a pas à considérer *que* la vie élémentaire des plastides constitutifs de l'embryon, mais bien aussi la vie qui résulte de leur association.

à la manifestation de la vie élémentaire de ses différentes parties. Dans le premier cas cette partie séparée continue d'assimiler (hydre d'eau douce adulte), dans l'autre cas elle se détruira infailliblement. Tous ces points demanderaient à être exposés avec détail ; je ne puis que les indiquer.

L'embryon croît naturellement par suite de la vie élémentaire manifestée de ses divers éléments. Arrêtons-nous un instant aux conditions chimiques de cette croissance.

Quand il s'agissait de plastides libres dans un milieu, nous constations qu'il fallait un certain temps pour que l'assimilation se produisît ; les réactions de l'équation (II) sont en effet successives comme nous l'avons vu ; dans tous les cas, pour une espèce déterminée, nous savions, dans des conditions déterminées et supposées invariables, calculer $\lambda$ en fonction du temps. Autrement dit, si nous avons observé que $\lambda = 2$ pour un intervalle d'une heure, nous savons que $\lambda = 2^n$ pour un intervalle de $n$ heures en *supposant que les conditions n'ont pas changé*. Mais, quelque grand que soit le milieu par rapport au plastide, les conditions changent forcément par suite de la diminution des substances Q et de l'augmentation des substances R.

Dans un moût sucré, la levure de bière cesse de s'accroître à un moment donné, par la simple augmentation des substances R ; elle retrouve les conditions de sa vie élémentaire manifestée dans un moût nouveau (rajeunissement de la levure).

Considérons maintenant un métazoaire et son milieu intérieur ; nous le savons, c'est entre ce milieu et les éléments histologiques que se produisent les réactions de la vie élémentaire manifestée de ces derniers. Or le volume du milieu est très restreint relativement au volume des éléments histologiques ; la diminution des substances Q et l'augmentation des substances R aura donc ici une influence considérable. La nutrition du milieu intérieur réparera les pertes de substances Q,

l'excrétion éliminera les substances R dont la présence s'opposerait aux réactions de la vie élémentaire manifestée des éléments.

Pour nous rendre compte de la rapidité de croissance d'un métazoaire, nous n'aurons plus à tenir compte uniquement du temps qu'il faut à un plastide de l'organisme pour doubler *dans les conditions favorables constantes*, mais aussi de la rapidité de renouvellement du milieu intérieur par suite de la nutrition et de l'excrétion.

Par exemple, la nutrition gazeuse consiste au niveau du poumon en une absorption d'oxygène et l'excrétion en une perte d'acide carbonique et d'eau. Ce phénomène est régi par les lois de la dissolution des gaz et de la dissociation. Etant donnée la tension du gaz carbonique par exemple dans le sang veineux qui coule dans les capillaires pulmonaires[1], et la tension du même gaz dans ces alvéoles, étant connue d'autre part la surface de ces alvéoles on conçoit qu'on puisse calculer quelle est la quantité d'acide carbonique qui peut être expirée en vingt-quatre heures. L'acide carbonique est une des substances du terme R de l'équation (II). Il y a d'autres substances dans ce terme R qui sont peut-être un obstacle plus grand aux réactions de la vie élémentaire manifestée que ne l'est l'acide carbonique et qui s'éliminent par le rein, par les glandes, etc... Considérons celle de ces substances nuisibles qui s'élimine le plus lentement et soit $r$ la quantité de cette substance qui peut être excrétée en vingt-quatre heures. L'équation (II) de l'ensemble du corps pour vingt-quatre heures ne devra pas avoir au terme R une quantité de cette substance plus grande que $r$.

Si cette quantité $r$ est plus grande que celle qui correspondrait à la vie élémentaire manifestée de tous les éléments du corps dans les conditions les plus favorables

(1) Il faut tenir compte aussi de la tension de dissociation des combinaisons carbonatées plus ou moins stables qui existent dans le sang veineux.

pendant vingt-quatre heures, cette vie élémentaire manifestée ne sera aucunement entravée par la lenteur de l'élimination et si de même l'introduction des substances $Q$ en quantité plus que suffisante pour maintenir ces conditions les plus favorables est possible, l'accroissement du corps, le $\lambda$ de l'équation (II) d'ensemble pour vingt-quatre heures ne dépendra que de la lenteur de l'assimilation comme nous l'avons vu pour les plastides isolés dans un milieu supposé constant. L'accroissement sera indéfini.

Mais il n'en est rien ; j'ai déjà parlé plus haut du phénomène local de la fatigue musculaire due à l'élimination trop lente des substances $R$. Le phénomène de fatigue générale qui se produit chez l'homme tous les soirs est un phénomène du même ordre.

Nous avons vu que beaucoup d'éléments histologiques sont des plastides incomplets ; leur vie élémentaire manifestée n'est possible que lorsqu'une cause quelconque détermine l'influx nerveux correspondant, *elle est donc discontinue*. Supposons par exemple qu'un muscle ait fonctionné pendant deux heures sur vingt-quatre, l'équation (II) de ce muscle pour vingt-quatre heures ne correspondra qu'à une assimilation produite pendant deux heures. Mais si peu longtemps qu'ait fonctionné ce muscle, il ne s'en sera pas moins produit une synthèse de sa substance ; le muscle aura donc augmenté. Oui, mais pendant les vingt-deux heures qui restent, ce muscle n'est pas à l'état d'indifférence chimique ; il est soumis à des actions destructives puisqu'il n'est pas à l'état de vie élémentaire manifestée, et cette destruction pourra compenser et au delà l'accroissement de substance due à son fonctionnement.

D'où l'atrophie du muscle qui fonctionne peu, l'hypertrophie de celui qui fonctionne beaucoup.

Il faudrait passer en revue toute la physiologie pour se rendre compte de tous les phénomènes concomitants chez un métazoaire. Chez l'homme éveillé le nombre des éléments histologiques qui fonctionnent à la fois est

trop grand pour que l'élimination des substances *R* correspondantes soit possible dans le même temps; ces substances s'accumulent donc dans le corps et y produisent la fatigue générale du soir[1]. L'accumulation de ces substances a une action sur la continuité du système nerveux et détermine normalement le sommeil, pendant lequel l'activité étant moins grande, les substances *R* sont produites en moins grande quantité, ce qui permet l'élimination du surplus de ces substances accumulé pendant la veille.

Nous constatons que la résultante de tous les phénomènes concomitants est une croissance des parties pendant les premiers temps qui suivent la segmentation de l'œuf (enfant) ; au bout d'un certain temps il s'établit un balancement qui fait que la quantité de chaque tissu reste sensiblement la même (adulte).

Le fonctionnement d'un élément histologique n'est autre, je le répète une fois de plus, que la manifestation de sa vie élémentaire; il est donc accompagné d'assimilation et tout fonctionnement d'un élément histologique est morphogène. *L'homme adulte est donc le résultat de tout ce qu'il a fait depuis qu'il était œuf, c'est-à-dire de toutes les conditions extérieures qu'il a traversées depuis qu'il était œuf ; et ceci est vrai aussi bien de la forme de ses muscles, de ses glandes, de ses organes extérieurs, que de celle de son système nerveux* (à laquelle correspond, nous le verrons, celle de son individu psychologique).

Dès que la continuité nerveuse est établie, elle définit une individualité; mais cette individualité se modifie chaque fois que l'activité d'un élément nerveux détermine l'assimilation dans cet élément nerveux, ce qui fait varier plus ou moins les relations de cet élément avec ses voisins; c'est ainsi que l'on voit se développer en nombre et en longueur les prolongements protoplasmiques des cellules nerveuses.

(1) Voir p. 313, *le Sommeil*.

Ces modifications sont plus ou moins profondes, plus ou moins visibles suivant les cas, mais elles existent ; aucun acte, quel qu'il soit, ne peut résulter de la vie élémentaire manifestée d'un élément histologique, sans que cet élément histologique en subisse une modification (éducation, mémoire, v. p. 307 et p. 314).

La quantité de substances *R* qui peut être excrétée en un temps donné est limitée ; il en est de même de la quantité de substances *Q* qui peut être, dans le même temps, introduite dans le milieu intérieur. La forme moyenne d'un adulte d'une espèce donnée correspond à un certain rapport du nombre des heures de fonctionnement au nombre des heures de repos pour chaque organe déterminé ; la somme des substances R produites dans ces conditions par le fonctionnement général en vingt-quatre heures peut être éliminée dans le même temps ; il y a un maximum de la quantité de substances *R* éliminables en vingt-quatre heures, donc si un organe dépasse son fonctionnement moyen, il faudra qu'un autre organe diminue le sien, sans quoi les substances *R* s'accumuleraient sans cesse dans l'organisme, d'où fatigue croissante d'abord, puis arrêt complet de la vie élémentaire manifestée au bout de quelque temps.

Or, si ce fonctionnement exagéré d'un organe dure peu, il suffira d'un repos plus prolongé du même organe pour rétablir l'équilibre, mais si cela devient chronique, il faudra aussi que le fonctionnement amoindri d'un autre organe devienne également chronique. Quelle en sera la conséquence ? Le volume d'équilibre d'un organe pour un certain rapport *g* du nombre d'heures de fonctionnement au nombre d'heures de repos est déterminé chez un individu déterminé ; si *g* augmente et se maintient longtemps à cette valeur plus élevée il y a augmentation de volume de l'organe, *hypertrophie ;* si *g* diminue et se maintient longtemps à cette valeur moindre, il y a diminution de volume de l'organe, *atro-*

*phie.* Donc, la conséquence fatale de la limitation du renouvellement possible du milieu intérieur dans un temps donné est que : l'hypertrophie d'un organe détermine forcément l'atrophie d'un autre organe du même individu. C'est la loi du BALANCEMENT DES ORGANES.

Chez un lutteur forain, le cerveau ne pourra acquérir qu'un développement restreint ; le système musculaire d'un homme de science ne pourra jamais être aussi développé que celui d'un lutteur. D'une manière générale, dans une espèce animale, les organes dont les conditions extérieures déterminent le fonctionnement le plus fréquent, les organes dits *les plus utiles à l'espèce* prennent un développement plus grand que les autres ; les pattes postérieures d'un insecte sauteur sont plus grandes que les pattes antérieures qui lui servent peu ; etc.

Somme toute, la forme de l'adulte qui provient d'un œuf dépend non seulement des propriétés de l'œuf, mais de toutes les conditions extérieures traversées au cours du développement (organes essentiels, organes rudimentaires). A cette loi du balancement des organes se rapporte aussi le développement extraordinaire des produits génitaux chez les parasites dont les organes de relation entrent en régression.

L'état adulte dure un temps, variable avec les espèces, pendant lequel il existe une telle coordination des activités élémentaires que le milieu intérieur reste sensiblement constant; cette coordination s'établit d'elle-même au cours du développement *par cela même que tout excès de production de substances* R *arrête le fonctionnement des plastides ;* elle se complique de plus en plus avec le temps et devient chaque jour de plus en plus délicate, la différenciation des plastides ayant rendu de plus en plus précises les conditions nécessaires à leur vie élémentaire manifestée. Chez les mammifères, cette coordination se traduit d'une manière très remarquable ; l'ensemble des réactions qui peuvent se produire maintient constante la température. Qu'un accident quel-

conque (traumatisme, poison, etc.) détruise momentanément la coordination, que tel organe ne puisse fonctionner pour telle raison, ou que tel autre fonctionne trop, la température change; il y a fièvre, etc., etc.

---

# CHAPITRE XXV

## VIEILLESSE ET MORT

Reportons-nous un instant à ce que nous ont appris les êtres monoplastidaires; nous avons vu que, contrairement aux idées reçues généralement, la mort élémentaire n'est pas le moins du monde une conséquence directe de la vie élémentaire manifestée; seulement les dimensions limitées du milieu entraînent la nécessité de la destruction de certains plastides dont les substances plastiques détruites fournissent des substances Q à la vie élémentaire manifestée des autres. Nous savons aussi que les plastides peuvent *vieillir* de deux manières: 1° d'une manière, générale pour tous les plastides, et qui dépend non de leur nature propre mais de la limitation du milieu où ils se trouvent; 2° d'une manière spéciale à quelques espèces et qui dépend au contraire de leur nature propre et non de la limitation du milieu.

Un exemple du premier cas nous est donné par la levure de bière qui séjourne dans un moût fermentant où l'alcool s'accumule; un exemple du second est la sénescence observée par Maupas chez les infusoires et qui est corrigée par le rajeunissement karyogamique.

Auquel de ces deux phénomènes correspond la vieillesse des métazoaires, des vertébrés, par exemple?

Le premier occasionne, nous l'avons vu, la fatigue locale dans les organes qui ont fourni un travail excessif,

la fatigue générale tous les soirs après le travail quotidien; le repos permet l'élimination des produits qui déterminaient la fatigue locale de l'organe; le sommeil permet l'élimination des produits qui déterminaient la fatigue générale de l'organisme.

Mais, *toutes* les substances R sont-elles éliminées? Evidemment non, sans quoi il n'y aurait plus dans l'organisme que des substances Q et des substances plastiques; or cela n'a pas lieu. Dès le début de la segmentation, c'est à une substance R qu'est due l'agglutination des deux premiers blastomères; de même pour les blastomères suivants; d'une manière générale la *substance fondamentale* des tissus est composée de substances R; cette substance, presque nulle dans les épithéliums, est un peu plus importante dans les muscles, beaucoup plus dans les cartilages, dans les os où elle s'incruste de sels calcaires, etc. Mais il y a même certains organes essentiels dont la résistance est modifiée par l'accumulation de ces substances R, les artères par exemple qui deviennent de plus en plus fragiles. On a l'âge de ses artères, a dit un célèbre médecin. Il y a d'ailleurs un grand nombre d'autres organes dont le fonctionnement devient de plus en plus difficile par l'accumulation de certaines substances R.

Si donc l'on se place au point de vue de l'*utilité* des diverses productions de la vie élémentaire pour la vie de l'agglomération polyplastidaire, on voit que quelques-unes d'entre elles, indispensables au début, puisqu'elles déterminent la formation même de l'agglomération polyplastidaire, deviennent ensuite nuisibles par leur accumulation au fonctionnement de certains organes.

C'est pour cela que, lorsqu'on est devenu adulte comme nous l'avons vu plus haut, on commence immédiatement à vieillir; le corps est limité, mais les substances R *stables* [1] continuant de se produire par suite du fonctionnement des éléments anatomiques prennent

(1) Non éliminables.

dans l'organisme une importance de plus en plus grande aux dépens des éléments anatomiques eux-mêmes.

La substance des os, par exemple, devient de plus en plus riche en parties mortes, aussi la cicatrisation d'une fracture est-elle quelquefois impossible, toujours difficile chez le vieillard, etc. Mais surtout, un grand nombre d'organes essentiels fonctionnent moins bien, quelques-uns sont devenus très fragiles. Qu'une artère vienne à se rompre, la coordination générale est détruite, la vie cesse le plus souvent ; les causes de mort deviennent donc de plus en plus nombreuses à mesure qu'on vieillit.

Quant à la sénescence des infusoires de Maupas, nous ne pouvons guère affirmer qu'un phénomène analogue intervienne chez les métazoaires ; aucune observation ne nous permet de croire qu'un élément anatomique de vieillard n'est plus susceptible d'assimilation et de bipartition ; au contraire, le fonctionnement de certains organes du vieillard est absolument comparable à celui de l'adulte ; or nous savons que le fonctionnement est un phénomène accompagnant les réactions de la vie élémentaire manifestée, c'est-à-dire de la synthèse assimilatrice. Il y a lieu, cependant, de faire des réserves à ce sujet, tant que des observations précises ne nous auront pas renseignés.

L'accumulation des substances R non éliminables suffit à nous donner une explication satisfaisante de la vieillesse. Un balancement obligatoire entre les périodes de fonctionnement et les périodes de repos provient de la nécessité de l'élimination de certaines substances R éliminables (celles dont l'accumulation produit la fatigue) ; c'est ce balancement obligatoire qui détermine l'état adulte ; cet état adulte une fois réalisé, un grand nombre d'organes ne fonctionnent que grâce aux substances R qui les incrustent (os, par exemple) ; mais les mêmes substances R continuant de se produire pendant les périodes de fonctionnement et ne se détruisant pas pendant les périodes de repos comme les

substances plastiques, encombrent peu à peu l'organisme au détriment des éléments anatomiques et gênent le jeu de certains organes essentiels; et cela augmente ainsi constamment; on commence à vieillir dès qu'on est adulte et on vieillit ensuite de plus en plus.

La *mort naturelle* serait celle qui surviendrait quand par suite de l'accumulation normale des substances R non éliminables, un organe essentiel cesserait de pouvoir fonctionner, ce qui rendrait impossible le maintien de la coordination vitale. Un tel phénomène doit être très rare, car, au cours du vieillissement, les chances de mort accidentelle par rupture de tel ou tel organe deviennent de plus en plus abondantes à cause de la fragilité croissante ceux-ci; il suffit donc d'une cause très peu importante pour déterminer accidentellement la mort; et nous allons étudier les diverses sortes de mort accidentelle qui peuvent survenir, à un moment quelconque de la vie, aussi bien chez l'enfant ou l'adulte que chez le vieillard. Mais auparavant je veux dire quelques mots d'une théorie récente de la vieillesse.

M. Delage[1] voit une cause de sénilité dans la différenciation cellulaire qui diminue, dit-il, l'aptitude des éléments à se diviser; il accepte en même temps l'idée de Roux, que chaque élément occupant une place déterminée, empêche ses voisins de se développer. Je ne crois pas qu'un seul fait puisse servir de fondement à cette hypothèse. Considérez un homme adulte, chez lequel, d'après MM. Roux et Delage, il n'y a plus de place pour que les éléments se développent, et chez lequel, de plus, les éléments différenciés sont moins aptes à se diviser. Faites travailler cet homme chez un forgeron et, au bout de quelque temps, les muscles de ses bras auront pris un développement bien plus considérable, ce qui prouve qu'il y a de la place pour de nouveaux éléments et que les éléments musculaires (y

(1) *Op. cit.*, p. 769.

en a-t-il de plus différenciés?) sont parfaitement aptes à se diviser (v. p. 281, *Balancement des organes*).

D'ailleurs, une fois l'état adulte obtenu, nous avons vu qu'à cause de l'élimination nécessaire des substances *R*, il y a un rapport établi entre les durées des périodes de repos et de fonctionnement, et que le travail répare assez exactement les pertes de substances plastiques réalisées pendant le repos ; si donc il n'y avait pas certaines substances *R* non éliminables, qui s'accumulent dans certains organes, il n'y aurait aucune raison[1] pour que cela ne continuât pas indéfiniment, quoique le volume de l'organisme soit limité comme nous l'avons vu ; mais nous savons avec une certitude absolue que ces substances *R* non éliminables existent et s'accumulent dans l'organisme et c'est ce qui produit la vieillesse.

*Mort accidentelle.* — Nous avons vu qu'on peut définir l'individualité physiologique de deux manières, suivant le point de vue auquel on se place : par le milieu intérieur commun, par la continuité nerveuse. Comme c'est la continuité nerveuse qui règle la plupart des fonctionnements cellulaires et les coordonne, il est certain que la nature du milieu intérieur en dépend, chaque élément anatomique y puisant les substances *Q* et y versant les substances *R* au cours de son fonctionnement, y versant de même les produits de sa destruction plastique au cours de son repos ; mais il est certain aussi que la continuité nerveuse dépend du milieu intérieur, puisque cette continuité n'est réalisée que par la vie élémentaire manifestée d'éléments nerveux qui, comme tous les éléments anatomiques, baignent dans le milieu intérieur y puisent leurs substances *Q* et y déversent leurs substances *R*. Il y a donc une corrélation intime entre les deux individualités, définies plus

(1) J'ai fait des réserves pour le cas d'une sénescence comparable à celle que Maupas a décrite chez les infusoires, et qu'aucun fait connu ne nous permet d'attribuer aux éléments anatomiques.

haut, d'un même métazoaire[1]; la mort, cessation de la vie, destruction de l'individualité, est donc la même, quelle que soit la définition de l'individualité à laquelle on s'arrête, la mort par le milieu intérieur entrainant fatalement la mort par discontinuité nerveuse, et réciproquement.

1° *Mort par le milieu intérieur.* — Le milieu intérieur doit contenir à chaque instant les éléments nécessaires à la vie élémentaire manifestée des divers éléments anatomiques, les substances *Q* de leur vie élémentaire manifestée ; si ces substances *Q* s'épuisent, il y a *inanition*, et beaucoup d'éléments anatomiques se trouvent à la condition n° 2 ; si l'état d'inanition se prolonge, les substances *Q* n'étant pas renouvelées par apport d'aliments provenant de l'extérieur, il y a destruction totale d'un grand nombre d'éléments essentiels; la coordination est détruite par cela même ; c'est la mort par inanition.

La vie élémentaire manifestée produit des substances *R* dont l'accumulation est pernicieuse ; si pour une raison ou pour une autre, l'élimination des substances *R* devient impossible, par le rein (urémie), par la peau (brûlures), par le poumon (asphyxie), un grand nombre d'éléments anatomiques sont dans l'impossibilité de fonctionner, plusieurs se détruisent, la coordination n'existe plus.

C'est un phénomène analogue qui se produit quand un élément pernicieux pénètre du dehors dans le milieu intérieur, soit sous forme chimique (poisons), soit sous forme de plastides étrangers (bactéries, sporozoaires) dont les substances *R* sont pour certains éléments anatomiques de véritables poisons. Si la présence de l'élément pernicieux n'est pas de trop longue durée (élimination des poisons par les voies ordinaires, phagocytose, etc.), la coordination, un instant détruite,

(1) C'est surtout aux vertébrés que je fais allusion ici et particulièrement aux mammifères et à l'homme.

se rétablit, petit à petit, avant que des éléments essentiels aient complètement disparu (maladie, guérison); mais si la présence de l'élément pernicieux est de trop longue durée, si son effet est assez rapide pour détruire complètement en peu de temps un élément essentiel, la mort est son résultat. Quand un élément essentiel est détruit, tous les autres se détruisent petit à petit, car ils sont adaptés à des conditions d'existence spéciales, dans un milieu très spécial; la mort élémentaire est donc la conséquence plus ou moins rapide suivant les éléments, mais toujours fatale chez les vertébrés, de la mort; l'élément nerveux, en particulier, se détruit rapidement.

2° *Mort par discontinuité nerveuse.* — La discontinuité nerveuse intervient toujours au cours des phénomènes de mort par le milieu, et c'est elle qui précise le le moment de la mort; quelquefois c'est elle qui commence et alors la mort est subite, section de la moelle, épanchement sanguin déterminant une destruction de certaines parties du cerveau (apoplexie), écrasement du nœud vital, etc. Mais, dans tous les cas, sa destruction entraînant la fin de la coordination, le milieu intérieur varie plus ou moins vite et détermine la mort élémentaire de tous les éléments[1].

Il y aurait un grand nombre de cas particuliers à étudier; cela nous entraînerait trop loin; il faut cependant signaler la discontinuité nerveuse particulière qui produit le sommeil, discontinuité particulière qui est normalement de courte durée et qui cesse naturellement quand l'élimination des substances *R* accumulées pendant la veille est réalisée. Cette discontinuité momentanée ne sépare de l'ensemble du système nerveux que les centres dits psychiques, et ne détruit en

(1) Il y a un cas pathologique célèbre, dans lequel c'est un microbe qui produit directement la discontinuité nerveuse; le microbe de la rage se cultive uniquement dans le système nerveux qu'il détruit petit à petit sans que l'influence de ses substances R sur le milieu intérieur se fasse sentir d'une manière notable.

rien la coordination des éléments anatomiques auxquels sont dévolus les fonctions de la nutrition. Je ne m'étends pas ici sur des faits que l'on trouvera exposés dans les traités de physiologie.

Somme toute, la *vie* se manifeste à nous par des phénomènes d'ensemble qui deviennent impossibles dès que la mort survient ; la mort entraîne toujours, plus ou moins vite, chez les animaux supérieurs, la mort élémentaire des éléments anatomiques, mais elle peut être réalisée sans qu'un seul des éléments soit détruit (discontinuité) ; dans la plupart des cas, elle provient de la mort élémentaire d'un certain nombre d'éléments anatomiques *essentiels à la coordination générale*, mort élémentaire qui est due en général au milieu intérieur (inanition ou empoisonnement).

Depuis la fécondation jusqu'à la mort, l'*individu* vit ; on donne le nom de vie à l'ensemble des particularités de structure qu'il présente à un moment quelconque de cet intervalle, ou bien encore à l'ensemble des phénomènes qu'il présente dans cet intervalle, etc. ; il est vivant et toujours en train de vivre tant qu'il n'est pas mort, ce qui n'est pas une vérité de La Palisse, mais une définition. A un moment quelconque de sa vie, il présente une coordination de structure qui s'entretient sans cesse jusqu'à la mort comme elle s'est produite au cours du développement, par suite de l'assimilation fonctionnelle.

Ce sont les particularités de cette coordination qui déterminent l'individualité, la personnalité physiologique, à laquelle correspond la personnalité psychologique comme nous le verrons. La mort détruisant cette coordination, l'individualité cesse ; il ne faut pas dire un homme mort, mais le cadavre d'un homme, puisque le mot homme, comme le mot chien, comme le mot saumon, représente quelque chose qui est vivant. Seulement, il y a une similitude frappante entre l'homme et son cadavre parce que les lésions physiques

ou chimiques, qui ont détruit la coordination spéciale d'où résultait l'individualité, sont peu apparentes morphologiquement.

L'adulte est le produit naturel, dans les conditions extérieures, de la vie élémentaire manifestée de l'œuf; le cadavre provient de l'adulte par une modification morphologiquement peu évidente; or, l'adulte étant très complexe, le cadavre aussi est très complexe et représente un ensemble de parties qui ne peut provenir que de la vie élémentaire manifestée de l'œuf; quand nous voyons un cadavre de vertébré, nous sommes sûrs qu'il a été vivant, puisque la vie seule a pu le construire par assimilation fonctionnelle.

Une fois le métazoaire mort, ses divers éléments anatomiques se détruisent et mettent en liberté dans le milieu terrestre des produits qui sont les substances $Q$ d'autres espèces.

..... Sur une tombe on voit sortir de terre
Le brin d'herbe sacré qui nous donne le pain[1].

(1) Les dimensions limitées de ce volume m'obligent à passer très rapidement sur les phénomènes de reproduction et les épiphénomènes de conscience; je n'indiquerai donc que sommairement les plus importants.

# LIVRE V

## LA REPRODUCTION DES MÉTAZOAIRES

La faculté de se reproduire, la reproduction ou génération, est considérée comme un des caractères généraux des êtres vivants ; dans le but de généraliser cette propriété, on lui donne le même nom chez les êtres monoplastidaires et chez les êtres polyplastidaires, quoiqu'elle représente dans ces deux groupes des choses entièrement différentes.

Un protozoaire acquiert une taille déterminée qu'il ne peut dépasser dans les conditions d'équilibre où il se trouve ; sa quantité de substances plastiques continuant d'augmenter sous l'influence des phénomènes d'assimilation, sa masse se divise naturellement en deux masses plus petites qui contiennent chacune, en moindre quantité, toutes les substances constitutives du protozoaire primitif, et, qui sont, par conséquent, douées comme lui de vie élémentaire; *le protozoaire s'est reproduit.*

Le phénomène qui, chez les métazoaires, est comparable au précédent, c'est la segmentation de l'œuf, l'augmentation du nombre des blastomères, l'ontogénèse; nous avons vu comment ce phénomène se produit nous avons vu qu'il donne naissance à une agglomération de plastides que nous appelons *être vivant* tout comme un plastide isolé, par un abus de langage. Il y a à considérer dans cet être polyplastidaire, non plus seulement la vie élémentaire des éléments qui le constituent, mais le résultat de la juxtaposition de tous ces

éléments doués de vie élémentaire et de la coordination de leurs activités, c'est-à-dire la *vie*. Pour un métazoaire et particulièrement pour un métazoaire supérieur, un vertébré par exemple, la vie a une durée limitée et cesse fatalement à un moment donné, pour des raisons inhérentes à la vie elle-même; l'idée de *mort* est absolument liée à l'idée de *vie*, tandis que l'idée de mort élémentaire n'est pas le moins du monde liée à celle de vie élémentaire manifestée.

La vie élémentaire, propriété chimique, appartient à chacun des deux plastides provenant de la bipartition d'un plastide *A* comme elle appartenait au plastide *A*; la vie élémentaire manifestée entretient la vie élémentaire, c'est-à-dire augmente sans cesse la quantité des substances douées de vie élémentaire; la mort élémentaire ou disparition de la vie élémentaire provient uniquement de la condition n° 2 qui est précisément le contraire de la vie élémentaire manifestée ou activité chimique dans la condition n° 1 (v. p. 128). Dire que le plastide *A* *meurt* quand il se divise en deux plastides, ce serait dire qu'une goutte d'huile cesse d'être de l'huile quand elle est divisée en deux. Une telle idée ne peut venir que d'une comparaison illégitime avec les métazoaires supérieurs auxquels on emprunte une idée d'individualité, de personnalité, non applicable aux plastides (v. p. 174). Quant à la mort élémentaire, c'est la destruction chimique du plastide, elle intervient chaque fois que le plastide reste assez longtemps à la condition n° 2, mais seulement dans ce cas; si donc, étant donné un plastide *A* à un certain moment de l'histoire du monde, les divers plastides qui en proviennent sont entraînés par des courants dans diverses directions telles que pour *quelques-uns d'entre* eux la condition n° 2 ne soit jamais réalisée, on pourra suivre une série de vies élémentaires jamais interrompue à partir de *A*[1]. Devra-t-on dire pour cela que *A* est immortel?

(1) Cela n'arrive probablement pas : la condition n° 2 doit se trouver réalisée de temps en temps, seulement elle n'entraîne

Ce serait absurde, car le mot immortel a une signification précise dans le langage et rappelle l'idée d'une individualité qui subsisterait toujours, d'un *moi* qui ne finirait jamais. Immortalité veut dire absence de *mort* et non absence de *mort élémentaire*, et c'est pourquoi toutes les discussions sur *la mortalité du corps et l'immortalité du germe* [1], sont des discussions stériles basées sur un simple jeu de mots.

La *mort* est la cessation de la *vie ;* nous avons vu la définition de la vie (p. 202); quand on coupe en deux parties une hydre *A*, l'hydre *A* est morte puisque sa *vie* [2] est détruite, mais cette opération donne naissance à deux hydres qui sont vivantes et dont la *vie* ressemble à celle de l'hydre *A*. Voilà donc une opération qui détruit le *vie* d'un être polyplastidaire, sans qu'aucune des vies élémentaires de ses éléments soit détruite; eh bien! il en est le plus souvent de même dans la mort d'un métazoaire supérieur, d'un vertébré par exemple; le métazoaire meurt en général d'un accident qui a détruit la coordination générale sans qu'aucun des éléments soit par cela même atteint de mort élémentaire [3]; la mort élémentaire survient, il est vrai, ensuite, le plus souvent, comme une conséquence plus ou moins rapide des troubles qui résultent de la mort, mais ce sont deux phénomènes entièrement distincts. Le vertébré est condamné à la mort; il n'y a aucune raison pour que des éléments anatomiques soient condamnés par là même à la mort élémentaire. En réalité cette mort élémentaire survient le plus souvent après la mort, pour tous les éléments, chez les vertébrés, parce que lesdits éléments sont adaptés à des conditions très spéciales qui,

pas toujours la destruction de la vie élémentaire de A sans la remplacer par une vie élémentaire différente d'un nouveau plastide A' (adaptation, voir p. 181), de sorte qu'il semble que la vie élémentaire en soit transmise sans discontinuité.

(1) Delage, *Op. cit.*, p. 768.

(2) *Vie :* coordination, manifestations d'*ensemble*.

(3) Sauf dans les cas de mort par empoisonnement ou inanition, de mort par le milieu intérieur, enfin.

par suite de la mort, cessent d'être réalisées dans le milieu intérieur. La prétendue question de l'immortalité du germe se ramène donc à la suivante : *Y a-t-il des éléments d'un métazoaire qui peuvent être séparés du métazoaire sans être atteints de mort élémentaire, qui peuvent conserver leur vie élémentaire en dehors des conditions spéciales entretenues dans le métazoaire par la vie même du métazoaire*? C'est ainsi que se pose la question de la reproduction chez les êtres polyplastidaires; on voit qu'elle n'a rien de commun avec celle de la multiplication des êtres formés d'un plastide isolé.

M. Delage[1], ne faisant pas la distinction de la *vie* et de la *vie élémentaire*, se demande pour quelle raison les éléments anatomiques des métazoaires sont, sauf les cellules reproductrices, condamnés à la mort; il trouve cette raison dans la différenciation cellulaire qui, *diminuant l'aptitude des cellules à se diviser* leur ferait perdre leur *immortalité* (!). Or il oublie que l'animal ne meurt pas par suite de la mort élémentaire de ses éléments, mais qu'au contraire les éléments se détruisent par suite de la mort de l'animal; quand un homme meurt, *tous ses éléments sont encore généralement doués de vie élémentaire*, mais ils tombent à la condition n° 2 par suite de la mort. Il n'y a donc pas lieu de croire que les éléments différenciés tendent plus que les autres à devenir dépourvus de vie élémentaire au cours des bipartitions successives ; la mort est fatale, la mort élémentaire ne l'est que comme conséquence de la mort.

Quelquefois, au cours de la vie, les conditions extérieures se trouvant modifiées, tous les éléments des organes actifs[2] se trouvent à la condition n° 2 et se détruisent, et alors, par balancement organique, les

(1) *Op. cit.*, p. 770.

(2) Organes de la vie de relation, et, d'une manière générale, plastides incomplets complétés par des connexions nerveuses.

plastides complets de l'organisme prennent, aux dépens des restes des premiers, un développement considérable; un crustacé, devenant un parasite interne, se transforme peu à peu en un sac rempli d'œufs. A quel moment s'est produite la *mort* dans ce cas? C'est une question de définition. Somme toute, la vie élémentaire de tous les éléments a disparu petit à petit, sauf celle des éléments reproducteurs; à partir du moment où le parasitisme est établi définitivement, il n'y a plus à proprement parler d'individu; les phénomènes de coordination, d'ensemble, ont cessé; il n'y a plus pour ainsi dire que des plastides isolés rassemblés dans les mêmes conditions de milieu. Si l'on continue à considérer le parasite comme un *individu*, jusqu'à la maturation de ses produits sexuels, on arrive à voir, somme toute, un métazoaire se transformer complètement en mourant en une multitude de plastides isolés pourvus tous de vie élémentaire, comme cela a lieu pour la *Magosphæra planula* de Hæckel. Il n'y aurait donc ici mort élémentaire pour aucun élément, mais on voit que ce n'est là qu'un abus de langage puisqu'on a négligé de tenir compte de la mort élémentaire de tous les éléments anatomiques qui sont entrés en régression quand la condition n° 2 a été établie pour eux par le parasitisme.

Ces préliminaires établis, étudions succinctement la question de la reproduction.

---

# CHAPITRE XXVI

## PARTHÉNOGÉNÈSE

Reportons-nous au phénomène de la segmentation (p. 209); pendant les premiers temps de ce phénomène

les divers blastomères ne deviennent en général dissemblables que par de simples phénomènes d'adaptation à des conditions spéciales de milieu ; chacun d'eux reste un plastide complet ; chacun d'eux, détaché de l'agglomération dont il fait partie, peut conserver la vie élémentaire pourvu qu'il ne soit pas soumis à des variations de milieu trop brusques. Cet état est presque définitif chez certains métazoaires inférieurs, l'hydre par exemple ; on sait que si l'on retourne une hydre, les cellules adaptées à la situation endodermique s'adaptent à la situation exodermique et réciproquement, ce qui prouve que l'adaptation à ces diverses situations est accompagnée de modifications peu importantes ou au moins peu stables ; aussi, un morceau quelconque séparé de l'hydre par un coup de ciseaux forme-t-il un être vivant dont toutes les parties conservent leur vie élémentaire, une hydre nouvelle. C'est comme cela que se produisent les hydres dérivant d'un bourgeonnement, les méduses, etc., etc.

On conçoit que dans de telles conditions, toute cellule détachée à un moment quelconque de l'agglomération polyplastidaire recommencera, se trouvant à l'état de vie élémentaire manifestée, le cycle évolutif auquel elle a été empruntée elle-même et sera le point de départ d'une nouvelle agglomération polyplastidaire identique à la première. Une *magosphœra planula* se résout à un moment donné en toutes ses cellules dont chacune est le point de départ d'une nouvelle *magosphœra*.

Lorsque les divisions cellulaires par des plans parallèles aux plans tangents auront commencé ; c'est-à-dire lorsque chaque plastide faisant partie d'un feuillet se sera divisé en deux parties, l'une superficielle, l'autre profonde, nous savons que, le plus souvent, les masses résultant de cette division seront des plastides incomplets ; chacun d'eux, séparé de l'ensemble, sera donc à la condition n° 2, c'est-à-dire condamné à une destruction fatale.

Mais cela n'a pas lieu pour tous les plastides ; quelques-uns ne se divisent pas dans le sens de la profondeur ou bien se divisent de manière à donner des plastides complets; il est certain, en effet, qu'il y a des plastides complets dans la plupart des métazoaires adultes ; quelques-uns ont une existence évidente, les leucocytes par exemple. Or, les leucocytes, produits dans l'intérieur d'un liquide organique très complexe, sont adaptés à des conditions extrêmement spéciales et se trouvent dans la condition n° 2 quand on les transporte dans un liquide différent ; ils se détruisent donc. D'ailleurs, dans le milieu très spécial où ils rencontrent leur condition n° 1, ils se comportent comme des protozoaires, c'est-à-dire que leur bipartition est suivie de la séparation des deux plastides qui en résultent. Voilà donc un exemple indéniable d'un protozoaire provenant d'un œuf de métazoaire, très rapidement, par adaptation à un milieu spécial.

Mais il y a chez certains êtres d'autres éléments anatomiques qui sont des plastides complets et qui, par suite des conditions de milieu où ils se sont trouvés au cours des bipartitions dont ils proviennent, ne se sont que peu ou pas modifiés [1]. Ils se trouvent donc identiques à l'œuf d'où est partie l'agglomération polyplastidaire qui les contient ; qu'ils se détachent du corps et se trouvent libres dans le milieu, ils sont à l'état de vie élémentaire manifestée, se segmentent et donnent naissance à des êtres polyplastidaires identiques à celui d'où ils sortent.

Ce sont des œufs parthénogénétiques ; cette reproduction est la reproduction par parthénogénèse ; on en connaît de nombreux exemples chez les pucerons, les phyllopodes, etc., etc.

(1) Ces éléments font partie de membranes épithéliales limitant des cavités organiques (épithélium germinatif) et se trouvent toujours à des places déterminées où les conditions sont probablement très spéciales.

# CHAPITRE XXVII

## FÉCONDATION

Le cas que nous avons étudié dans le chapitre précédent est loin d'être le plus général. Il y a bien des éléments anatomiques qui sont des plastides complets, mais par suite de leur situation dans une paroi de cavité leurs deux pôles *a* et *b* sont différents (fig. 18). Ils le sont tellement que, la première bipartition a lieu perpendiculairement à l'axe *ab par un plan situé tout près de b ;* il y a donc division inégale et cette division inégale donne naissance à une grosse et une petite cellule (globule polaire). La deuxième bipartition qui atteint la grosse cellule produit encore une petite cellule au pôle *b* et, ce qui reste alors de la grosse cellule, est en général un plastide incomplet[1], *l'ovule ;* mais ce plastide incomplet n'est pas comparable aux autres plastides incomplets de l'organisme ; il n'est pas complété par les connexions nerveuses et se trouve naturellement toujours à la condition n° 2 tant que n'intervient pas un autre phénomène qui est la fécondation ; l'ovule tombe dans une cavité de l'animal.

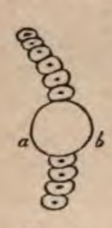


Fig. 18.

Supposons pour simplifier qu'il y ait seulement quatre substances essentielles $\alpha, \beta, \gamma, \delta$, dans le plastide complet de l'espèce considérée ; la formation du deuxième globule polaire en élimine 2, $\alpha$ et $\beta$ par exemple. L'ensemble $\gamma\delta$ est donc à la condition n° 2.

(1) Je renvoie pour l'étude détaillée de ce phénomène aux traités spéciaux et à un article de R. Kœhler dans la *Revue philosophique*, 1893 : « Pourquoi nous ressemblons à nos parents. »

Mais, soit en un autre point du même métazoaire, soit en un autre point d'un autre métazoaire de même espèce, il se forme, par un renversement des conditions locales, des plastides incomplets réduits à $\alpha\beta$ (spermatozoïdes) lesquels sont également toujours à la condition n° 2. Qu'une fusion se produise entre un ovule et un spermatozoïde et l'on retrouve un plastide complet qui est l'œuf. Or, précisément, l'ovule et le spermatozoïde d'une même espèce sont positivement chimiotactiques l'un par rapport à l'autre, chimiotaxie de plastides incomplets comparable à celle des mérozoïtes sans noyau.



Fig. 19.

Le spermatozoïde qui est petit et facile à mouvoir est donc attiré vers l'ovule ; l'attraction réciproque de l'ovule par le spermatozoïde ne se manifeste que lorsque, ce dernier étant très voisin, cette attraction est limitée à une très petite partie de la surface de l'ovule ; il y a alors déformation amiboïde de l'ovule (fig. 19) qui pousse un petit mamelon à la rencontre du spermatozoïde. Une fois la fécondation opérée, l'œuf se trouvant saturé s'attire plus les spermatozoïdes, ce qui n'a rien d'étonnant puisque ce n'est plus le même corps chimique.

L'œuf résulte donc de la fusion de deux masses de substances plastiques dont aucune, considérée isolément n'est douée de vie élémentaire ; l'ovule et le spermatozoïde sont des plastides incomplets, qui, chacun séparément, sont par conséquent condamnés à la destruction, et en effet, aucun d'eux n'assimile et ne se développe [1].

Comment se fait-il que cette expulsion de globules polaires, cette division inégale qui donne naissance aux

(1) Il y a des cas de parthénogénèse à la suite de l'expulsion de deux globules polaires, quoique ce soit une exception ; cela prouverait que, dans ces cas, les quatre chromosomes dont deux disparaissent par la seconde expulsion ne sont pas différents les uns des autres et que le plastide réduit à deux chromosomes reste complet

*produits sexuels plastides incomplets* soit si générale et ne souffre d'exceptions que dans de rares cas de parthénogénèse ? On peut l'expliquer par la distribution hétérogène des substances plastiques dans un élément disposé d'une manière aussi particulière que *ab* (fig. 18). La division inégale par des plans parallèles aux plans tangents, quoique plus tardive pour les produits sexuels les atteindrait cependant enfin comme presque tous les autres éléments histologiques. Une fois tombé, une fois libre dans un liquide et fécondé, l'œuf ne se trouvant plus dans les conditions très spéciales de la figure 18, tend à redevenir homogène et susceptible de divisions égales, mais il ne perd jamais complètement son hétérogénéité primitive, le pôle *b* reste toujours plus ou moins distinct du pôle *a* ; il y a un pôle nutritif et un pôle formatif, et l'on sait que le dernier correspond toujours au point où a eu lieu l'expulsion des globules polaires [1].

Peut-être, dans cette nécessité à peu près générale de la fécondation, intervient-il un phénomène analogue à celui de la sénescence des infusoires de Maupas? On devait le croire naturellement tant qu'on n'avait pas constaté l'hétérogénéité de la bipartition qui donne naissance aux globules polaires. Il faut se demander, somme toute, si c'est seulement la dernière bipartition qui rend incomplet le plastide reproducteur ou bien si cette dernière bipartition ne fait qu'achever une œuvre déjà presque terminée, les diverses bipartitions qui se sont faites depuis l'œuf jusqu'à l'ovule ayant été le résultat d'une assimilation hétérogène vérifiant l'équation III (p. 160) au lieu de l'équation II (p. 107). Rien ne permet de répondre aujourd'hui à cette question ; mais, dans tous les cas, quelle que soit la cause qui la nécessite la conjugaison des infusoires comme la fécondation des

(1) La situation particulière des plastides qui forment muraille, c'est-à-dire qui se trouvent dans un feuillet séparant deux milieux différents, apparait donc comme ayant une importance capitale dans toute l'histoire des métazoaires.

métazoaires est la transformation de plastides incomplets en plastides complets par addition de parties nouvelles.

Qu'il soit complet (parthénogénèse, cellule mère de l'ovule ou des spermatozoïdes) ou incomplet (ovule, spermatozoïde), l'élément reproducteur, dépourvu de connexions nerveuses, est en dehors de l'individualité définie par la continuité du système nerveux. Il se comporte donc dans l'organisme absolument comme un parasite, dont il ne diffère que par sa communauté d'origine avec les autres éléments anatomiques. En conséquence, avant que ces éléments deviennent incomplets ils ont dans l'organisme une vie élémentaire manifestée non discontinue dès que leur condition n° 1 se trouve réalisée dans le milieu où ils baignent. Ils jouent donc, par leur activité chimique *ininterrompue*, un rôle capital dans l'établissement de l'équilibre (rénovation des substances Q, élimination des substances R) qui détermine l'état adulte et le balancement des organes.

Aussi, le développement complet des organes génitaux arrête-t-il le plus souvent le développement général ; *un animal n'a pas de produits génitaux parce qu'il est adulte ; il est adulte parce qu'il a des produits génitaux*. Les quelques exceptions dans lesquelles le développement des organes génitaux n'arrête pas le développement général, c'est-à-dire dans lesquelles l'animal se reproduit avant d'être adulte, sont dits : cas de pœdogénèse.

Les organes génitaux sont de véritables parasites ; le milieu intérieur de l'organisme est limité, si des parasites d'origine externe s'y introduisent ils se trouvent en concurrence vitale avec les *parasites organes génitaux* (v. p. 194) qui quelquefois succombent (castration parasitaire) ; on conçoit facilement qu'un parasite d'origine externe joue un rôle comparable à celui des organes génitaux dans la détermination de l'état adulte et que la nature de cet état varie avec la nature du parasite (fausses femelles déterminées chez les crabes par les

sacculines) ; l'ablation du parasite permet à l'évolution de continuer (poules qui prennent des plumes de coq après avoir cessé de pondre ; femmes qui ont de la barbe après la ménopause, etc., etc.)[1].

Non seulement les éléments sexuels sont en dehors de l'individualité nerveuse du parent, individualité à laquelle correspond l'individualité psychologique, mais encore, ces éléments, plastides incomplets[2], ne sont pas doués de vie élémentaire et il serait absurde de chercher dans l'individualité des enfants une continuation de celle des parents ; la vie individuelle commence à l'œuf fécondé, elle se termine à la mort ; des parties détachées d'agglomérations polyplastidaires peuvent être le point de départ d'autres agglomérations semblables, mais ces parties, non seulement sont dépourvues de vie élémentaire, mais encore sont en dehors de l'individualité des parents.

Nous avons vu (p. 184) qu'un très grand nombre d'associations différentes de substances plastiques sont susceptibles de vie élémentaire. Supposons qu'un ovule $\gamma\delta$ rencontre un spermatozoïde $\alpha'\beta'$ d'une autre espèce ; en général, il n'y aura pas attraction entre eux ; si cette attraction chimiotactique a lieu, la fusion s'opérera et l'on aura une masse $\alpha'\beta'\gamma\delta$. Sera-ce un plastide ? Non, le plus souvent, mais oui cependant dans certains cas ; c'est ainsi que se produisent les hybrides dont je me contente de signaler l'existence en passant.

(1) Voyez les très beaux mémoires de A. Giard sur la *Castration parasitaire*.

(2) L'ovule et le spermatozoïde sont l'un et l'autre des masses de substances plastiques à la condition n° 2, c'est-à-dire condamnées à la destruction en tant que substances plastiques si la conjugaison n'intervient pas avant qu'une partie essentielle ait disparu.

# CHAPITRE XXVIII

## HÉRÉDITÉ

Il y a pas de question plus vaste et plus controversée ; elle mériterait donc des développements qui sont incompatibles avec les dimensions restreintes de ce volume, mais elle peut se résumer de la manière suivante : deux œufs identiques, dans des conditions identiques, donnent des développements identiques. Tant que les blastomères sont des plastides complets, leur arrangement particulier n'influe pas d'une manière très considérable sur le sort de chacun d'eux ; il n'en est plus le même quand il y a des plastides incomplets coordonnés par des éléments nerveux, car alors, des variations très faibles peuvent entraîner des divergences assez considérables ; ce sont les divergences individuelles. Nous l'avons vu plus haut : l'adulte est déterminé d'abord par son œuf, ensuite par tout ce qu'il a fait depuis l'œuf (*assimilation fonctionnelle*, p. 233). Somme toute, l'œuf détermine l'espèce, le fonctionnement individuel détermine les divergences individuelles. Il y a donc à considérer dans la ressemblance de deux adultes des caractères véritablement héréditaires, tenant à la similitude de leurs œufs et des caractères acquis tenant à la similitude des milieux où ils ont vécu et des manières dont ils ont vécu. La grande question est de savoir distinguer ces deux groupes de caractères. Elle est d'autant plus difficile à résoudre que certains caractères acquis successivement par tous les êtres de plusieurs générations peuvent devenir héréditaires.....

L'œuf est en effet un plastide ; de l'œuf jusqu'à

l'ovule il y a une série ininterrompue de plastides se reproduisant dans un milieu déterminé par le genre de vie du métazoaire dans lequel ils sont parasites. Rien d'étonnant donc à ce qu'ils subissent des modifications en rapport avec ce genre de vie (*Adaptation au milieu*). Ces modifications d'ordre chimique se produisant aussi bien chez le père que chez la mère puisqu'il y a similitude de genre de vie pour les deux sexes, la fécondation ne les fera pas disparaître, d'où l'évolution de l'espèce chez les métazoaires comme chez les protozoaires.

Eh bien, il se trouve que, dans certains cas, les modifications produites dans la chimie de l'œuf par certaines particularités de la vie des parents, se traduisent morphologiquement par des caractères identiques chez le fils ; mais il ne faut pas oublier, quand on fait de semblables remarques, de tenir compte des conditions dans lesquelles a vécu le fils lui-même et de la part qui peut provenir de ces conditions dans sa ressemblance avec ses parents.

Chez les animaux supérieurs, le développement de l'individu est guidé par ses parents ; l'éducation, déterminant les diverses manifestations fonctionnelles du fils, a sur lui une influence morphogène considérable (v. p. 314) ; l'adulte est le fruit de l'éducation autant que de l'hérédité. Voici un Annamite qui parle annamite et qui ayant construit son appareil vocal (centres nerveux + larynx) en parlant annamite, ne peut articuler le français. Prenez son fils à sa naissance et transportez-le en France, il construira son appareil vocal en parlant français et aura par conséquent un appareil vocal tout différent de celui de son père ; il aura certains caractères qui le feront reconnaître pour Annamite, mais il n'aura pas l'organe vocal caractéristique de sa race ; voilà donc un caractère morphologique qui est le résultat de l'éducation et non de l'hérédité. Il y en a des milliers qui se traduisent par le vieil adage : *L'habitude est une seconde nature*, ce qui est une con-

séquence immédiate de la loi d'assimilation fonctionnelle[1].

L'hypothèse d'une tendance au perfectionnement est une illusion qui provient de l'éducation et n'a rien à voir avec l'hérédité proprement dite.

La loi de Serres, que « l'embryologie est la répétition de l'anatomie comparée », a été formulée à nouveau par Fritz Müller sous une autre forme : « l'ontogénie est parallèle à la phylogénie, » ce qui veut dire que depuis l'œuf jusqu'à l'état adulte, l'individu traverse des états analogues à ceux qu'a traversés son espèce depuis l'origine jusqu'à l'état actuel. Il y a évidemment dans cet énoncé une grande part d'hypothèse que l'on pourrait diminuer en se rendant compte d'abord de la signification générale de l'état adulte. Voici plusieurs crustacés différents qui passent tous, au cours de leur développement, par un stade nauplius. Y a-t-il eu jamais un animal adulte qui eût la forme nauplius? Rien ne nous permet de l'affirmer. Ce dont nous sommes certains, c'est que pour beaucoup d'espèces différentes de crustacés, il y a un moment du développement où la forme fondamentale est la même.

Tous les chênes que nous connaissons ont passé par un stade à deux feuilles, et cela est vrai pour tous les arbres dicotylédonés. Y a-t-il jamais eu un ancêtre commun à tous ces arbres et qui fût adulte avec deux feuilles ? Rien ne nous force à le croire.

Les propriétés chimiques des substances plastiques qui constituent les œufs comme tous les plastides, permettent de classer ces œufs, comme ces plastides dans de grands groupes souvent très bien caractérisés. Les

(1) M. Delage (*Op. cit.*, p. 826) fait jouer à l'excitation fonctionnelle le rôle que j'attribue à l'assimilation fonctionnelle : « Est déterminé dans l'œuf, cela seul que l'excitation fonctionnelle ne détermine pas. » En réalité, l'excitation fonctionnelle n'est qu'une illusion provenant d'une interprétation erronée de l'assimilation fonctionnelle.

végétaux sont ceux qui comptent la cellulose au nombre leurs substances R, les arthropodes sont remarquables par la production de chitine et aussi par d'autres particularités qui nous sont moins faciles à remarquer chimiquement, mais qui les différencient des nématodes : les échinodernes, les vertébrés ont certainement aussi des caractéristiques chimiques.

Eh ! bien, supposons défini chimiquement, d'une manière complète et générale, l'œuf de tous les crustacés par exemple. Nous saurons que le développement de cet œuf, lorsqu'il a lieu dans un milieu absolument libre[1], donne à un certain stade (caractérisé peut-être par un nombre exactement déterminé de bipartitions) une agglomération polyplastidaire qui, pour avoir une forme spéciale à chaque espèce, n'en offre pas moins dans toutes les espèces certains caractères communs qui font que nous l'appelons *nauplius* d'une manière générale. Pour aucune espèce connue cette forme nauplius n'est adulte, c'est-à-dire que pour aucune espèce connue, l'équilibre des profits et pertes nécessitée par la lenteur de l'élimination des substances R n'est définitif à ce stade ; c'est une période transitoire commune à tous les crustacés considérés et, si vous voulez, une caractéristique des propriétés des œufs correspondants. Pourquoi supposer qu'il y a eu des nauplius adultes ? Nous pouvons seulement affirmer que la *fonction Crustacé* est caractérisée par une forme nauplius dans certaines conditions et, nous devons penser que dès qu'il y a eu sur la terre un œuf d'un crustacé, il a passé au cours de sa segmentation par une phase nauplius.

Les vertébrés ont tous des fentes branchiales au cours de leur développement. Suivant les conditions où ils se trouvent, ils s'en servent ou ils ne s'en servent pas ; s'ils s'en servent, ils les entretiennent par assimilation fonc-

(1) Dans les types où il y a peu de vitellus, par exemple chez le *Penœus*.

tionnelle ; s'ils ne s'en servent pas, elles s'atrophient ; or les conditions extérieures ont à ce sujet une importance très considérable. Un axolotl a des branchies externes et les garde dans certaines conditions de milieu ; il ne se modifie plus, il est donc adulte pour le milieu considéré ; mais dans un autre milieu il perd ses branchies externes et devient amblystome, il n'était donc pas un adulte pour ce milieu nouveau ; le balancement des profits et pertes établi d'une manière qui pouvait être définitive dans le premier milieu n'est plus stable dans le second.

L'état adulte qui peut être différent pour une simple variation de la salure du milieu ne pourrait-il pas dépendre aussi de la constitution chimique du milieu intérieur et, en remontant, de la constitution chimique de l'œuf ? Tout nous porte à croire que cela a lieu. Deux œufs peuvent être assez voisins pour donner tous deux naissance à un crustacé qui a un stade *nauplius*, mais par suite d'une légère différence chimique de ces deux œufs, l'état adulte de l'un pourra être corrélatif de la forme *mysis*, tandis que celui de l'autre ne sera obtenu que plus tard et arrivera à la forme *crevette*. Je ne vois aucune raison d'admettre que l'animal qui est aujourd'hui adulte sous la forme *crevette* descend d'un être qui a été adulte sous la forme *mysis*. Je crois plus vraisemblable que les états adultes des divers œufs d'un même groupe zoologique dépendent de petites différences chimiques de ces œufs mêmes comme le passage de l'état axolotl à l'état amblystome dépend d'une petite variation de la composition du milieu.

En résumé, tant qu'il n'y a pas eu modification profonde de l'être par suite de l'assimilation fonctionnelle dans des cas d'adaptation spéciale (fixation, parasitisme, etc.), il semble qu'il y ait, pour un groupe déterminé, une série de formes ou types d'organisation caractéristiques, que traversent successivement tous les êtres du groupe, chacun d'eux s'arrêtant à tel ou tel stade parce qu'il y devient adulte pour des raisons provenant soit

du milieu, soit de sa nature spéciale. On appelle types inférieurs du groupe ceux qui s'arrêtent de bonne heure; il est donc évident que toutes les formes successives d'un type supérieur seront parallèles aux différentes formes adultes des espèces inférieures du même groupe.

La grenouille a un stade poisson ; dérive-t-elle d'un type qui était adulte à la forme poisson ? Nous ne le savons pas [1]. C'est de l'hypothèse d'une tendance au perfectionnement que provient cette idée : « *que les premiers types qui ont apparu dans chaque groupe étaient des types inférieurs* ». Si cela s'entend au sens du perfectionnement par l'éducation, c'est certain, mais il faudrait alors faire une différenciation très nette des caractères qui proviennent de l'éducation et des autres et cela est fort difficile. Mais je ne vois pas de raison pour qu'un animal qui a 5 segments *tous semblables* n'ait pas atteint, la première fois qu'il s'est produit ce nombre de 5 segments et soit resté d'abord adulte avec un seul segment [2]...

(1) Au contraire, nous connaissons des cas où il est presque certain que le parallélisme établi par F. Müller entre l'ontogénie et la phylogénie est en défaut. Il est bien probable que l'*âne* descend de l'*hipparion*. Or l'*âne* ne passe pas au cours de son développement par le stade à trois doigts qui était caractéristique de son ancêtre adulte; puisque l'ancêtre de l'*âne* avait une forme adulte que l'*âne* ne traverse pas au cours de son développement, il n'y a pas de raison pour que nous admettions la proposition inverse pour le *Penæus* et que nous disions qu'il y a eu des adultes à forme *nauplius*.

(2) Je renvoie aux traités spéciaux pour l'étude de toutes ces questions et pour celle de toutes les théories de l'évolution, Darwinisme, etc., que je ne puis passer en revue dans ce volume.

# TROISIÈME PARTIE

## VIE PSYCHIQUE

---

# LIVRE VI

## CHAPITRE XXIX

### L'INDIVIDUALITÉ PSYCHIQUE

Je me bornerai à de courtes indications en renvoyant encore une fois aux ouvrages spéciaux, c'est-à-dire aux ouvrages de psychophysiologique qui deviennent chaque jour de plus en plus nombreux.

Un très grand nombre de phénomènes physiologiques de l'organisme sont accompagnés d'épiphénomènes de conscience ; chacun les constate sur lui-même et admet par analogie leur existence chez ses semblables ; c'est par suite de ces épiphénomènes que l'individualité psychologique, la personnalité, le *moi* existe. Eh bien, ce qu'il faut entendre par épiphénomènes de conscience peut s'exprimer de la manière suivante : tout ce qui se passe chez notre voisin, toutes les réactions chimiques qui se traduisent chez lui par des phénomènes physiologiques, se passeraient de la même manière s'il ne s'en apercevait pas [1], de telle façon qu'il nous est impossible

(1) Cela ne veut pas dire que le *même* acte s'accomplit avec ou sans conscience chez un même individu ; il y a des actes

d'affirmer qu'il s'en aperçoit. Nous le voyons se mouvoir, manger; nous lui parlons, il nous entend et nous répond, mais nous ne pouvons pas affirmer qu'il s'aperçoit qu'il nous entend et qu'il nous répond. Cela peut sembler absurde parce que le mot *entendre* par exemple a pour nous tous en général une signification précise qui se rapporte à une sensation; mais il y a un phénomène physiologique de l'audition, phénomène physiologique qui détermine physiologiquement le phénomène de la réponse et ainsi de suite. Que ces phénomènes physiologiques soient ou ne soient pas accompagnés d'épiphénomènes de conscience, chez tout autre que nous même nous ne pouvons en aucune façon le savoir. Nous n'aurions même aucune raison de le croire si nous, observateurs, n'étions construits d'une manière très analogue à celle dont est construit celui que nous observons. Faisons pour un moment l'hypothèse absurde que nous soyons une pure intelligence dépourvue de corps et voyant, entendant néanmoins; jamais il ne nous serait venu à l'idée que tout ce qui se passe dans le monde des animaux et des plantes, pût être accompagné de conscience, pas plus que nous ne pensons que le chlore *sait* ce qui se passe quand, combiné à du sodium, il devient du chlorure de sodium.

En réalité, la physiologie nous montre de plus en plus chaque jour que chaque *phénomène psychologique* que nous constatons en nous-même, n'est qu'un épiphénomène accompagnant un phénomène physiologique, mais n'*influençant en rien ce phénomène physiologique*. Seulement, ce qui rend le langage très difficile, c'est que cet épiphénomène est, chez nous-même, insé-

qui se ressemblent extérieurement et qui sont l'un conscient, l'autre inconscient, mais alors ces actes ne sont pas identiques, ne mettent pas en jeu exactement tous les mêmes éléments anatomiques; ce que je veux dire, c'est qu'on pourrait imaginer des corps identiques aux métazoaires dont le fonctionnement dans les mêmes conditions ne serait pas accompagné d'épiphénomènes de conscience et serait néanmoins *identique* à celui d'un métazoaire conscient.

parable du phénomène qu'il accompagne de sorte que je faisais une hypothèse absurde en disant tout à l'heure : tout se passerait de la même manière chez lui s'il ne s'en apercevait pas ; puisque cela ne peut se passer sans qu'il s'en aperçoive, nous en sommes assurés pour nous-même. Ce que je voulais dire, c'est que la nature de cet épiphénomène de conscience ne modifie en rien d'une manière active le phénomène physiologique qu'il accompagne. Nous ne savons pas si le chlore souffre ou jouit quand il se combine au sodium, mais nous savons que le chlore se combine *toujours* au sodium dans certaines conditions physiques, et nous pouvons l'affirmer sans savoir si des épiphénomènes de conscience accompagnent ou n'accompagnent pas cette réaction. De même quand nous voyons qu'une bactérie est attirée par la lumière (v. p. 34) nous ne savons pas si elle jouit ou si elle souffre de cette attraction, ou même si elle ressent quelque chose, mais nous sommes sûrs que toujours, dans les mêmes conditions, la même bactérie sera attirée par la même lumière : de même en remontant la série des êtres, nous constatons, lorsque nous sommes à même de nous assurer de toutes les conditions d'un phénomène, que les mêmes causes produisent toujours les mêmes effets, sans que nous puissions savoir si des épiphénomènes de conscience accompagnent les phénomènes physiologiques, et, s'ils existent, quelle est leur nature. Nous concluons donc au déterminisme physiologique et en même temps, à cause du rapport établi entre la morphologie et la physiologie, au déterminisme biologique, sans avoir eu à aucun moment à faire intervenir dans nos considérations des épiphénomènes de conscience dont nous ignorons la nature et même l'existence.

Lorsqu'ayant remonté toute l'échelle des êtres nous arrivons jusqu'à nous, nous constatons que beaucoup de phénomènes physiologiques, absolument comparables à d'autres phénomènes observés chez des animaux, s'accompagnent chez nous d'épiphénomènes de

conscience, mais si nous avons suivi la marche scientifique ascendante, le déterminisme physiologique est établi pour nous d'une manière définitive et nous nous bornons à constater que les phénomènes sont accompagnés d'épiphénomènes, sans songer à nous demander si la nature des seconds peut d'une manière quelconque influencer les premiers.

Il y a déterminisme physiologique; il y a aussi déterminisme psychologique[1] en ce sens que le même épiphénomène accompagne *toujours* le même phénomène; toutes les fois que cela paraît faux, c'est que nous ne connaissons pas exactement tous les éléments du phénomène et que nous avons considéré comme identiques deux conditions différentes.

La conscience est-elle une propriété générale de la matière, est-ce une propriété spéciale des substances plastiques ? Les réponses à ces questions sont du domaine de l'hypothèse pure ; dans tous les cas, en admettant qu'il y a des consciences élémentaires, leur réunion en un tout unique s'expliquerait par la conductibilité nerveuse avec laquelle la conscience générale est en rapport évident.

Mais la structure du système nerveux varie à chaque instant de la vie; l'épiphénomène de conscience varie aussi à chaque instant, seulement, ce qui relie ces divers états successifs les uns aux autres, c'est la particularité physiologique appelée mémoire. La mémoire physiologique est une conséquence naturelle de l'assimilation fonctionnelle ; le même épiphénomène de conscience accompagnant toujours le même phénomène physiologique, la mémoire psychologique découle naturellement de la mémoire physiologique ; c'est ce qui fait que l'individualité psychologique, la personnalité, le *moi*, n'est pas instantané et se conserve malgré les variations constantes de structure du système nerveux.

(1) « Parce qu'il prend conscience des actes qui se produisent en lui et ainsi les voit naître en quelque sorte, l'homme est tenté de croire qu'il en est le maître et la cause. » Gley. *L'Irritabilité*, page 483.

Une preuve très nette de la corrélation qu'il y a entre la personnalité et la structure du système nerveux est donnée par le sommeil.

Il y a toute une partie des centres nerveux qui n'est qu'indirectement en relation avec l'extérieur, c'est-à-dire qu'elle ne se trouve impressionnée chimiquement par ce qui se passe à la périphérie de l'organisme que grâce à l'intermédiaire d'autres centres nerveux qui

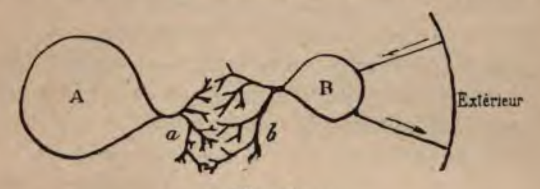



Fig. 20.

sont en relation directe avec la surface. Cette partie A (fig. 20) est très considérable chez l'homme et correspond donc à une grande partie de l'individualité psychologique. A l'état de veille [1], elle est par des prolongements *a* en relation de contiguité avec les autres centres B qui reçoivent directement les excitations provenant de l'extérieur. Le soir, les substances R s'étant accumulées dans l'organisme, il y a rétraction des pseudopodes *a* et *b*, comme cela a lieu chez une gromie qui est plongée dans un liquide vénéneux; il y a donc discontinuité entre A et B; un acte réflexe se passera donc dans B seul sans que A en soit influencé (à moins que le phénomène qui se passe dans B soit assez énergique pour que son influence physique franchisse la distance de séparation [2]), mais A, soustrait à

(1) Voyez la *Théorie du sommeil* de MM. Lépine et Mathias Duval.

(2) Ce passage brusque détermine quelquefois le réveil en causant un rapprochement physique des prolongements *a* et *b*; mais, si la fatigue existe encore, c'est-à-dire si l'élimination des substances R n'est pas suffisamment complète, il y a rétraction nouvelle des pseudopodes et le sommeil recommence. Il n'en est pas de même dans le réveil normal produit par une exci-

l'influence de B sera néanmoins soumis à l'action chimique des liquides de l'organisme, d'où réactions diverses accompagnées naturellement d'épiphénomènes de conscience (rêves).

Pendant cet état un très grand nombre de phénomènes d'ensemble qui ne se passaient dans les éléments régis par B que sous l'influence des connexions de B avec A ne se produisent plus; il y a donc repos relatif, ce qui permet l'élimination des substances R accumulées pendant la veille (v. p. 279). Mais à mesure que ces substances s'éliminent, les prolongements *a* et *b* tendent à reprendre leur extension normale, la cause qui les a rétractés disparaissant; la distance de *a* à *b* devient donc de moins en moins grande, le sommeil devient de moins en moins profond; à un certain moment il y a transmission de *b* à *a* et réveil.

Pendant tout le sommeil, il y a eu dédoublement du système nerveux; il n'y a pas continuité dans la personnalité psychique par conséquent, mais, le matin, au réveil, tout se retrouvant à fort peu de chose près dans le même état que la veille, la personnalité se retrouve, parce que les mêmes épiphénomènes de conscience accompagnent toujours les mêmes phénomènes physiologiques. La personnalité est donc bien corrélative de la structure du système nerveux ; une modification de celle-ci modifie celle-là, momentanément (sommeil, condition seconde) ou définitivement (folie); la destruction de la coordination nerveuse détruit la personnalité psychique (mort psychologique accompagnant la mort physiologique).

Quand commence l'individualité psychologique? Evidemment pas avant que la conductibilité nerveuse soit établie; en outre, la mémoire ne rappelant que ce qu'on a fait, n'existe pas avant qu'on ait fait quelque chose (assimilation fonctionnelle); le développement de l'indi-

tation de faible intensité quand l'organisme est reposé définitivement, par l'élimination des substances R.

vidualité psychologique accompagne naturellement celui de l'individualité physiologique définie par le système nerveux. L'œuf est-il déjà conscient? et le champignon, et le protozoaire ? On ne peut répondre à ces questions que par des hypothèses et ces hypothèses n'ont pas le moindre rapport avec la physiologie puisque nous devons considérer comme dépourvus de toute influence active les épiphénomènes de conscience.

Je n'ai fait qu'indiquer en quelques lignes les grandes questions de la vie psychique ; toutes les questions de détail sont traitées dans les ouvrages de physiologie et de psychophysiologie ; la conclusion que l'on tirera de leur étude approfondie est la suivante : nous sommes obligés de constater que chez nous-mêmes au moins les phénomènes physiologiques s'accompagnent souvent d'épiphénomènes psychiques ; nous ne savons pas si ces épiphénomènes existent en dehors de nous, s'ils correspondent à une propriété particulière des substances plastiques ou même de la matière en général, mais nous devons penser que tout ce qui se passe autour de nous se passerait exactement de la même manière si les corps de la chimie et de la biologie avaient *toutes* les propriétés que nous leur connaissons, moins la propriété de conscience.

---

# CONCLUSION

On doit distinguer la *vie élémentaire* (êtres monoplastidaires) de la *vie* (êtes polyplastidaires).

Tous les phénomènes de la vie élémentaire manifestée sont des phénomènes chimiques, souvent accompagnés de phénomènes physiques (mouvement, etc.). La vie élémentaire est la propriété, pour un corps, d'être un plastide.

Un plastide est un corps de dimensions limitées et tel : qu'il existe un milieu déterminé dans lequel tous les éléments essentieles de ce corps (substances plastiques) sont l'objet de réactions chimiques complexes, dont un résultat est l'augmentation en quantité de tous ces éléments essentiels. Ce phénomène caractéristique résultant de ces réactions dans un milieu très spécial est l'assimilation. L'ensemble de ces réactions est la vie élémentaire manifestée; le milieu correspondant réalise la condition n° 1 (milieu de la vie élémentaire manifestée; liquide Raulin pour l'aspergillus). Le plastide est de dimensions limitées; il augmente à la condition n° 1, donc il se divise (multiplication des plastides).

Dans tout autre milieu chimiquement actif, les substances plastiques se détruisent sans être remplacées par d'autres substances semblables (condition n° 2, destruction, menant à la mort élémentaire si elle dure assez longtemps; inanition, poisons).

Enfin, le plastide peut être au repos chimique presque absolu (condition n° 3, vie élémentaire latente); ce qui

n'est en réalité qu'un cas particulier de la condition n° 2 à destruction plastique extrêmement lente.

Un plastide perd la vie élémentaire si on lui enlève une de ses substances essentielles (mérotomie); alors, il se trouve à la condition n° 2 même dans le milieu qui pour le plastide complet de la même espèce réalise la condition n° 1. Un plastide privé de son noyau se détruit donc fatalement.

La mort élémentaire n'est pas une conséquence de la vie élémentaire manifestée ; il y a au contraire incompatibilité entre ces deux phénomènes, le premier se produisant exclusivement dans la condition n° 2, le second exclusivement dans la condition n° 1. Seulement, en milieu limité, il arrive souvent que la vie élémentaire manifestée, longtemps prolongée, modifie la condition n° 1 (destruction des substances Q, accumulation des substances R) au point de la transformer en condition n° 2 pour la même espèce; c'est seulement de cette manière indirecte que la mort élémentaire peut être une conséquence de la vie élémentaire manifestée.

Souvent la condition n° 2 ainsi réalisée ne détruit pas toutes les substances plastiques du plastide A, car, au cours de leur destruction, elles forment un autre plastide A' pour lequel la condition n° 2 de A se trouve être condition n° 1. Il y a eu transformation d'espèce (adaptation au milieu).

La forme spécifique d'un plastide est corrélative de sa composition chimique dans un milieu déterminé; si le milieu se modifie (milieu confiné), la forme change aussi (évolution d'un sporozoaire dans une cellule hôte).

La limitation des milieux engendre la concurrence vitale ou lutte pour l'existence.

L'adaptation au milieu fait des espèces nouvelles de plastides; les substances R de ces espèces nouvelles permettent quelquefois de les classer dans de grands groupes naturels (cellulose, végétaux; chitine, arthropodes, etc.). Quand une de ces substances R agglutine les uns aux autres les plastides qui proviennent de la

On objecte souvent la possibilité de faits autres que ceux dont nos sens peuvent nous révéler l'accomplissement; leur existence est prouvée par les découvertes qu'à permises l'addition à nos sens de certains instruments (microscope, etc.). Nous ne pouvons établir de lois que pour ce qui frappe nos sens, pour les phénomènes, aussi ne devons-nous parler que de ce que nous observons; les sciences naturelles sont des sciences d'observation.

Eh bien, dans ce qui frappe nos sens au cours de l'observation des êtres vivants, rien n'est en dehors des lois naturelles établies pour les corps bruts (chimie et physique); voilà ce que je voudrais avoir établi au cours de cette étude des phénomènes de la vie.

---

# TABLE DES MATIÈRES

## BIBLIOTHÈQUE SCIENTIFIQUE INTERNATIONALE

**Volumes in-8 cartonnés à l'anglaise. . . . . . 6 fr.**

## EXTRAIT DU CATALOGUE

# PHYSIOLOGIE

**Les virus**, par le Dr Arloing, membre correspondant de l'Institut, directeur de l'École vétérinaire et professeur à la Faculté de médecine de Lyon. 1 vol. in-8°, avec 47 grav. dans le texte . . . 6 fr.

La théorie des microbes a renouvelé la médecine tout entière en même temps que la physiologie, sous l'impulsion donnée par Pasteur et Chauveau. M. Arloing étudie l'organisme dans la lutte avec les microbes, éléments actifs des virus ; il montre le malade succombant ou résistant et acquérant alors d'ordinaire une immunité spéciale contre le retour du mal qui l'a touché une première fois. Il étudie ensuite les différents moyens de produire chez l'homme cette immunité contre les terribles maladies qui sont le fléau de notre espèce, depuis la variole jusqu'à la rage et la phtisie. Il termine par une critique des travaux de Koch sur la fameuse lymphe préservatrice de la tuberculose qui a tant passionné le monde.

**Les sensations internes**, par H. Beaunis, professeur de physiologie à la Faculté de médecine de Nancy, directeur du laboratoire de psychologie physiologique à l'Ecole des hautes études (Sorbonne). 1 vol. in-8° . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . 6 fr.

Sous ce nom, l'auteur comprend toutes les sensations qui arrivent à la conscience par une autre voie que les cinq sens spéciaux. Il est ainsi amené à examiner les manifestations suivantes : *la sensibilité organique*, c'est-à-dire la sensibilité des tissus et organes, à l'exclusion des organes des sens; *les besoins* (besoins d'activité musculaire ou psychique, des fonctions digestives, de sommeil, de repos, etc.) ; *les sensations fonctionnelles* (respiratoires, circulatoires, etc.), *le sentiment de l'existence*, *les sensations émotionnelles*, les sensations de nature indéterminée, comme le sens de l'orientation, de la pensée de la durée, *la douleur* et *le plaisir*.

**Physiologie des exercices du corps**, par le Dr Fernand Lagrange, lauréat de l'Institut, 1 vol. in-8°, 7e édit . . . . . . . . . . . 6 fr.

M. Lagrange a écrit sous ce titre un livre tout à fait original dont on ne saurait trop recommander la lecture. Il examine avec de très grands détails le travail musculaire, la fatigue, la cause de l'essoufflement, de la courbature, le surmenage, l'accoutumance au travail, l'entraînement, les différents exercices et leurs influences, les exercices qui déforment et ne déforment pas le corps, le rôle du cerveau dans l'exercice, l'automatisme. Certains chap tres sur les dépôts uratiques, sur le rôle du travail musculaire dans la production des sédiments, sont très fouillés. M. Lagrange a observé par lui-même, et l'on voit qu'il s'est rendu maître d'un sujet peu exploré et difficile. Tous les faibles, les débilités par l'air et la vie des grandes villes, ont intérêt à méditer cet excellent traité de physiologie spéciale. (*Les Débats.*)

**Les sens**, par Bernstein, professeur à l'Université de Hall. 1 vol. in-8°, avec 91 gravures dans le texte, 5e édit. . . . . . . . . . . . 6 fr.

Cet ouvrage est divisé en quatre livres : le premier est consacré au sens du toucher sous ses différentes formes ; le second, consacré au sens de la vue, contient une étude détaillée de la constitution et du fonctionnement de l'œil et de toutes les maladies qu'il peut subir; le troisième traite du sens de l'ouïe et le quatrième termine l'ouvrage par l'étude de l'odorat et du goût.

**Les organes de la parole et leur emploi pour la formation des sons du langage**, par H. de Meyer, professeur à l'Université de Zurich ; traduit de l'allemand et précédé d'une introduction sur l'*Enseignement de la parole aux sourds-muets*, par M. O. Claveau, inspecteur général des établissements de bienfaisance. 1 vol. in-8°, avec 51 gravures dans le texte. . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . 6 fr.

L'étude de la structure et des dispositions des organes de la parole s'impose aux philosophes avec un caractère de nécessité qui devient de jour en jour plus marqué ; chaque jour, en effet, on voit s'affermir cette conviction qu'une intelligence exacte des lois relatives à la modification des éléments du langage ne peut s'acquérir sans le secours des lois physiologiques de la production des sons.

**La physionomie et l'expression des sentiments**, par P. Mantegazza, professeur au Muséum d'histoire naturelle de Florence. 1 vol. in-8, avec gravures et 8 planches hors texte, 3e édit. . . . . . . 6 fr.

Ce livre est une page de psychologie, une étude sur le visage et sur la mimique humaine. L'auteur s'est donné pour tâche de séparer nettement les observations positives de toutes les divinations hardies qui ont jusqu'ici encombré la voie de ces études.

Scientifique dans le fond, l'ouvrage de M. Mantegazza est cependant d'une lecture agréable ; le psychologue et l'artiste y trouveront beaucoup de faits nouveaux et des interprétations ingénieuses d'observations que chacun pourra vérifier.

**La machine animale**, par E.-J. Marey, membre de l'Institut, professeur au Collège de France. 1 vol. in-8°, avec 117 gravures dans le texte, 6e édition augmentée . . . . . . . . . . . . . . . . 6 fr.

L'adaptation des organes du mouvement chez les animaux à leurs diverses conditions d'existence, les allures chez l'homme et chez le cheval, l'analyse du mécanisme du vol des insectes et des oiseaux, l'appareil reproduisant les mouvements des ailes : tels sont les principaux sujets traités dans ce livre.

Il n'est pas besoin d'insister sur les applications utiles de ces recherches scientifiques, lesquelles ont d'ailleurs valu à leur auteur le grand prix de physiologie de dix mille francs, fondé par M. Lacaze.

**La locomotion chez les animaux** (marche, natation et vol), suivie d'une étude sur l'*Histoire de la navigation aérienne*, par J.-B. Pettigrew, professeur au Collège royal de chirurgie d'Edimbourg (Ecosse). 1 vol. in-8°, avec 140 gravures dans le texte, 2e édit. 6 fr.

Une partie de cet ouvrage est consacrée aux questions traitées dans la *Machine animale*, par M. Marey, avec lequel l'auteur est en désaccord sur un certain nombre de points. Il se place d'ailleurs à un point de vue différent. Il étudie la locomotion dans l'air et par l'eau, dont M. Marey ne s'est pas occupé, et donne de curieux détails sur la natation de l'homme.

Mais ce qu'il faut signaler tout particulièrement, c'est son histoire de toutes les machines et de tous les systèmes essayés pour arriver à naviguer dans l'air, depuis les mongolfières jusqu'aux machines actuelles.

ENVOI FRANCO CONTRE MANDAT-POSTE OU VALEUR SUR PARIS.

**La chaleur animale**, par Ch. Richet, professeur de la Faculté de médecine de Paris. 1 vol. in-8° avec 47 graphiques dans le texte. 6 fr.

L'auteur s'est proposé de déterminer les lois principales qui dominent la physiologie des êtres vivants. Il justifie la théorie de Lavoisier, que la vie est une fonction chimique : les phénomènes de chaleur dont les êtres vivants sont le siège sont phénomènes physico-chimiques. Tout phénomène est accompagné de chaleur ; il y a en outre production d'énergie mécanique et mouvement. La loi de la conservation s'applique aux animaux comme aux matières brutes. La production de la chaleur influe sur la température de l'animal.

M. Richet arrive ainsi à la classification des êtres en deux groupes : les êtres à température invariable et les êtres à température variable ; il l'oppose à celle des vertébrés. L'auteur établit en dernier lieu le rapport existant entre les actions chimiques interstitielles et la surface extérieure de l'être. Plus l'animal est petit, plus il y a d'échanges chimiques actifs, plus son cerveau est volumineux. En dernière analyse, le système nerveux apparaît comme agent essentiel de la chaleur animale : c'est lui qui dirige les actions chimiques, qui permet à l'animal de se conformer à la nature ambiante, et de faire plus ou moins de chaleur, plus ou moins de rayonnement, plus ou moins d'évaporation, selon les conditions extérieures.

**Evolution individuelle et hérédité**, *Théorie de la variation quantitative*, par Le Dantec, chargé du cours d'Embryologie générale à la Sorbonne. 1 vol. in-8° . . . . . . . . . . . . . . . . . . . 6 fr.

L'hérédité joue un rôle de plus en plus grand dans les théories scientifiques depuis la révolution amenée par le darwinisme. Mais si on en parle à tout propos, on n'explique pas jusqu'ici comment elle peut opérer, comment les formes et les caractères du père peuvent se transmettre aux enfants. C'est ce que vient de faire M. F. Le Dantec, dont le but, en écrivant cet ouvrage, a été d'arriver, par une méthode purement déductive, à la compréhension de l'hérédité des caractères acquis, et c'est par cette méthode que son livre diffère entièrement des autres ouvrages publiés sur la question si controversée de l'hérédité.

---

**LISTE GÉNÉRALE PAR ORDRE D'APPARITION DES 93 VOLUMES**

DE LA

# BIBLIOTHÈQUE SCIENTIFIQUE INTERNATIONALE

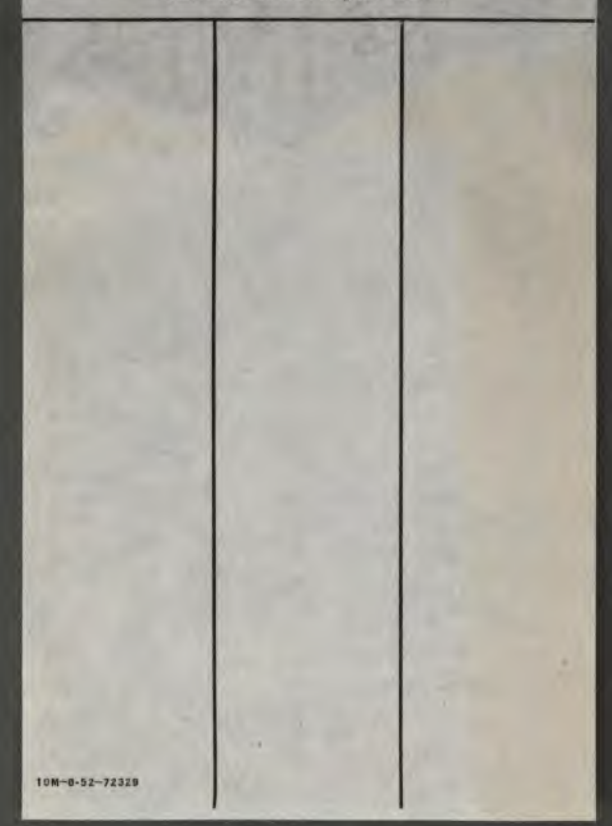
1. Tyndall. Les Glaciers et les Transformations de l'eau. 6[e] éd.
2. Bagehot. Lois scientifiques du développement des nations. 6[e] éd.
3. Marey. La Machine animale, *illustré*. 6[e] éd.
4. Bain. L'Esprit et le Corps. 6[e] éd.
5. Pettitgrew. La Locomotion chez les animaux, *illustré*. 2[e] éd.
6. Herbert Spencer. Introduction à la science sociale. 12[e] éd.
7. Schmidt. Descendance et Darwinisme, *illustré*. 6[e] éd.
8. Maudsley. Le Crime et la Folie. 6[e] éd.
9. Van Beneden. Les Commensaux et les Parasites du règne animal, *illustré*. 6[e] éd.
10. Balfour Stewart. La Conservation de l'énergie, *illustré*. 6[e] éd.
11. Draper. Les Conflits de la science et de la religion. 9[e] éd.
12. Léon Dumont. Théorie scientifique de la sensibilité. 4[e] éd.
13. Schutzenberger. Les Fermentations, *illustré*. 6[e] éd. refondue.
14. Whitney. La vie du langage. 4[e] éd.

ENVOI FRANCO CONTRE MANDAT-POSTE OU VALEUR SUR PARIS.

15. Cooke et Berkeley. Les Champignons. *illustré*. 4e éd.
16. Bernstein. Les Sens. *illustré*. 5e éd.
17. Berthelot. La Synthèse chimique. 8e éd.
18. Niewenglowski. La Photographie et la Photochimie, *illustré*.
19. Luys. Le Cerveau et ses Fonctions. *illustré*, 7e éd.
20. Stanley Jevons. La Monnaie et le Mécanisme de l'échange. 5e éd.
21. Fuchs. Volcans et Tremblements de terre. *illustré*. 6e éd.
22. Brialmont (le général). La Défense des États et les Camps retranchés. *illustré*. (*Épuisé*.)
23. De Quatrefages. L'espèce humaine. 12e éd.
24. P. Blaserna et M. Helmholtz. Le Son et la Musique. *illustré*. 5e éd.
25. Rosenthal. Les Nerfs et les Muscles. *illustré*. 3e éd. (*Épuisé*.)
26. Brücke et Helmholtz. Principes scientifiques des Beaux-Arts. *illustré*. 4e éd.
27. Wurtz. La Théorie atomique. 8e éd.
28-29. Secchi (le Père). Les Étoiles. 2 vol. *illustrés*. 3e éd.
30. Joly. L'Homme avant les métaux. *illustré*. (*Épuisé*.)
31. A. Bain. La Science de l'éducation. 7e éd.
32-33. Thurston. Histoire de la machine à vapeur. 2 vol. *illustrés*. 3e éd.
34. Hartmann. Les Peuples de l'Afrique. *illustré*. 2e éd. (*Épuisé*.)
35. Herbert Spencer. Les Bases de la morale évolutionniste. 6e éd.
36. Huxley. L'Écrevisse (Introduction à la zoologie). *illustré*. 2e éd.
37. De Roberty. La Sociologie. 3e éd.
38. Rood. Théorie scientifique des couleurs. *illustré*. 2e éd.
39. De Saporta et Marion. L'Évolution du règne végétal (les Phanérogames). 2 vol. *illustrés*.
40-41. Charlton Bastian. Le Cerveau et la Pensée chez l'homme et les animaux. 2 vol. *illustrés*. 2e éd.
42. James Sully. Les Illusions des sens et de l'esprit. *illustré*. 2e éd.
43. Young. Le Soleil. *illustré*.
44. De Candolle. Origine des plantes cultivées. 4e éd.
45-46. Lubbock. Fourmis, Abeilles et Guêpes. 2 vol. *illustrés*. (*Épuisé*.)
47. Perrier. La Philosophie zoologique avant Darwin. 3e éd.
48. Stallo. La Matière et la Physique moderne. 3e éd.
49. Mantegazza. La Physionomie et l'Expression des sentiments. *illustré*. 3e éd.
50. De Meyer. Les Organes de la parole et leur emploi pour la formation des sons du langage. *illustré*.
51. De Lanessan. Le Sapin. *illustré*. 2e éd.
52-53. De Saporta et Marion. L'Évolution du règne végétal (les Cryptogames). *illustré*.
54. Trouessart. Les Microbes, les Ferments et les Moisissures. *illustré*. 2e éd.
55. Hartmann. Les Singes anthropoïdes, leur organisation comparée à celle de l'homme. *illustré*.
56. Schmidt. Les Mammifères dans leurs rapports avec leurs ancêtres géologiques, *illustré*.
57. Binet et Féré. Le Magnétisme animal, *illustré*. 4e éd.
58-59. Romanes. L'Intelligence des animaux. 2 vol. *illustrés*. 3e éd.
60. Lagrange. Physiologie des exercices du corps. 7e éd.
61. Dreyfus. L'Évolution des mondes et des sociétés. 3e éd.
62. Daubrée. Les Régions invisibles du globe et des espaces célestes. *illustré*. 2e éd.
63-64. Lubbock. L'Homme préhistorique. 2 vol. *illustrés*. 4e éd.
65. Richet. La Chaleur animale. *illustré*.
66. Falsan. La période glaciaire, *illustré*. (*Épuisé*.)
67. Beaunis. Les Sensations internes.
68. Cartailhac. La France préhistorique. *illustré*. 2e éd.
69. Berthelot. La Révolution chimique.
70. Lubbock. Sens et instincts des animaux *illustré*.
71. Starcke. La Famille primitive.
72. Arloing. Les Virus. *illustré*.
73. Topinard. L'Homme dans la nature. *illustré*.
74. Binet (Alf.). Les Altérations de la personnalité.
75. De Quatrefages. Darwin et ses précurseurs français. 2e éd.
76. Lefèvre. Les Races et les Langues.
77-78. De Quatrefages. Les Émules de Darwin.
79. Brunache. Le Centre de l'Afrique, *illustré*.
80. Angot. Les Aurores polaires. *illustré*.
81. Jaccard. Le Pétrole, l'Asphalte et le Bitume. *illustré*.
82. Stanislas Meunier. La Géologie comparée. *illustré*.
83. Le Dantec. Théorie nouvelle de la vie. *illustré*. 2e éd.
84. De Lanessan. Principes de colonisation
85. Demoor, Massart et Vandervelde. L'Évolution régressive. *illustré*.
86. De Mortillet. Formation de la nation française. *illustré*. 2e éd.
87. G. Roché. La Culture des mers. *illustré*.
88. Costantin. Les Végétaux et les milieux cosmiques (adaptation, évolution). illustré.
89. Le Dantec. L'Évolution individuelle et l'hérédité.
90. Guignet et E. Garnier. La Céramique ancienne et moderne. *illustré*.
91. Gellé. L'audition et ses organes, *illustré*.
92. Stanislas Meunier. La Géologie expérimentale. *illustré*.
93. Costantin. La Nature tropicale, *illustré*

Prix de chaque volume, cartonné à l'anglaise. . . . . **6 fr.**

ENVOI FRANCO CONTRE MANDAT-POSTE OU VALEUR SUR PARIS.


LANE MEDICAL LIBRARY

This book should be returned on or before
the date last stamped below.

10M-8-52-72329

D331 Le Dantec, F.A.
L47 Théorie nouvelle
1901 de la vie.

| NAME | DATE DUE |
| --- | --- |

D331
L47
1901

